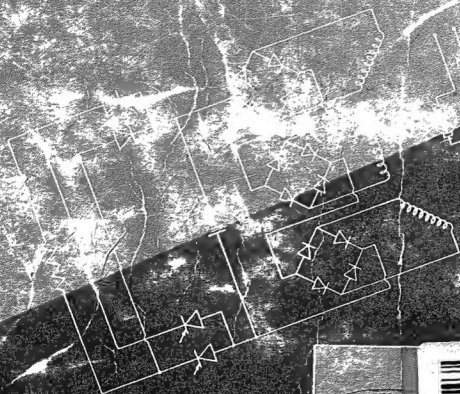


الطاقة الكهربائية والتمهدة

حاضرها ومستقبلها



الطاقة التجريبية والتجوية

(حاضرها ومستقبلها)

الطاقة الجديدة والمتجددة

حاضرها ومستقبلها

د. محمود سري طه



بسم الله الرحمن الرحيم

« فإذا آمنتم فاذكروا الله كما

علمكم ما لم تكونوا تعلمون »

صدق الله العظيم

أهداء

- إلى روح اعظم الآبه واكرم الأمهات ... رحمهما الله .
- إلى شريكة حياتي وام ابنتي .. وائل .. ونادر .. وبروين .
- إلى كل اساتذتي وزملائي في المجالين الأكاديمي والتطبيقي .
- إلى الجنود المجهولين في كل موقع في هذا البلد الطيب الأمين .

أهدي كتابي الخامس

محمود سري طسه

رسالة المؤلف

الى جميع زملائي المتخصصين والمهتمين بشئون الطاقة الكهربائية
عامة والعاملين منهم بقطاع الكهرباء خاصة .

أقدم هذا الكتاب

أعلا أن يجد كل من يقرأه شيئا ما يضاف الى رصيد معرفته
أما زملائي العاملين في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة سواء في وزارة
الكهرباء أو أكاديمية البحث العلمي أو القوات المسلحة أو الجامعات فكل
أمل أن يكون هذا الكتاب مكملا وجزءا لا يتجزأ من عطائهم الوافر في هذا
المجال الحيوى الكبير .

محمود سرى طه

مقدمة

يمكن أن نقول أن القدر الرئيسي من الطاقة المستقلة في كل بلدان العالم لم يزل وسوف يظل في المستقبل معتمدا في توليده على الوسائل التقليدية . إلا أن هناك مجالات كثيرة نتوقع أن تقوم فيها وسائل توليد الطاقة غير التقليدية بلور هام في التنمية ونشر العمران . وقد تنشأ ظروف هذه المجالات عن قلة كثافة السكان في بعض المناطق الصحراوية أو الساحلية أو صغر الأحمال مما لا يبرر اقتصاديات مد الخطوط الرئيسية أو غير ذلك من الاستخدامات والظروف .

وبالنسبة لوسائل استخلاص الطاقة بطرق غير تقليدية - والتي سبق تجربتها في العالم ، فهي عديدة إلا أن البعض منها أثبت جدواه في مواقع محدودة وتحت ظروف معينة ونذكر منها :

١ - الانشطار النووي : وهذه تدخل في نطاق الوسائل المألوفة لتوليد الطاقة . ويمكن اعتبار الجزء غير التقليدي في هذه المحطات ينحصر فقط في تصميم وعمل المفاعل الانشطاري ذاته .

(١ - ١) المفاعلات الانشطارية : مثل مفاعلات الحرارة العالية - مفاعلات اليورانيوم (الماء المضغوط - الماء المغلي والتي تستخدم يورانيوم ٢٣٥ أو الكاندو والذي يستخدم يورانيوم ٢٣٨) - ومفاعلات التوالد السريع . وقد سبق تناول هذه الأنواع بشيء من التفصيل في كتب نشرت سابقا للمؤلف [٤١] . ووسيلة استخلاص الطاقة في هذه الطريقة هي استغلال الحرارة المولدة من عملية الانشطار (انشطار نواة الذرة) لتحويل المياه - داخل غلاية بخارية - إلى بخار لإدارة توربينات بخارية لتوليد الكهرباء .

(١ - ب) الانبعاث الإلكتروني : وهو التطبيق غير التقليدي الأول الذي تفرع عن بحوث الطاقة النووية . وتجري بحوث مكثفة حاليا في غالبية الدول الكبرى على ادخال التحويل المباشر من حرارة - إلى كهرباء عن طريق الانبعاث الإلكتروني في الأماكن الأكثر ارتفاعا في درجة حرارتها داخل المفاعلات وهذا الأسلوب يتميز بالغلب على مشاكل توليد

البخار والأجزاء المتحركة كما يستغل الحرارة من المكان الأكثر ارتفاعا .
وغنى عن الذكر أن هذا الأسلوب يتطلب امكانيات كبيرة ومتطورة . وقد
يكون الأسلوب الأصح في التطبيق هو استخدام هذه الوسيلة بالارتباط
بوسائل أخرى في نفس الجهاز على شكل مولد متعدد المراحل .

(١ - ج) **النظائر المشعة** : وهو التطبيق الثاني غير التقليدي
المتفرع عن الطاقة الذرية والنظائر المشعة تعتبر مخزن للطاقة ترسلها
بشكل منتظم يتناقص تدريجيا على مدى يتحدد بنصف عمر المادة المشعة
المستخدمة . وهذه الطاقة يمكن أن تتحول إلى حرارة عن طريق
امتصاصها في مادة ثقيلة ومعزولة حراريا على قدر الامكان عن الجو
المحيط وقد كان للتطور الحديث في أشباه الموصلات أكبر الأثر في إمكان
بناء ازدواجات حرارية تستغل هذه الطاقة لتوليد كهرباء في وحدات
صغيرة تلائم بعض الاستخدامات . والاستخدامات التي تتلائم معها هذه
الطريقة هي التي تتميز بالانمزال وضرورة الاستمرار . وأمثلة ذلك
كثيرة في أجهزة الفضاء والأجهزة والفنارات في المناطق المنزلة أو في
المناطق القطبية . وواضح أن مثل هذا المصدر يستمر في العمل فترات
طويلة بدون الحاجة إلى أي عناية أو إشراف . وهذه الطريقة تتطلب
كميات كبيرة من المواد المشعة قد تصل إلى ٩٠ كوري لتوليد طاقة في
حدود ٥ ميجاوات . ولا يخفى ما تتطلبه مثل هذه الكميات من أصاليب
خاصة في الإنشاء والعزل .

٢ - **وسائل التحويل المباشر** : ويمكن تقسيمها إلى أربعة وسائل :
الانبعاث الإلكتروني وأشباه الموصلات والوسائط الكهروكيميائية
والمغناطيسية أما بخصوص وسائل إثارة أشباه الموصلات لتوليد الكهرباء
فقد تكون عن الطريق الحراري أو الضوئي . ومثل هذه الوسائل الثابتة
يمكن اختبارها آلات حرارية تستخدم الإلكترونات (أو الأيونات) في
القيام بوظيفة الغاز العامل أو البخار وعلى ذلك فهي تقبل التطويع لكثير
من صور الطاقة كما أن الكفاءة الحرارية لها تقرب كثيرا من الحالة المثالية .

(٢ - أ) **الانبعاث الإلكتروني** : وقد ذكرنا أسلوب استخدامه
(في ١ - ب) .

(٢ - ب) **الوسائط الكهروحرارية والكهروضوئية** : وتعتمد أساسا
على أنواع مطورة من أشباه الموصلات .

ولو أن الظاهرتين يعتبران من الظواهر المعروفة منذ زمن بعيد إلا
أن الاستغلال العملي لها كمصادر لتوليد الطاقة لم يأخذ دورا جديدا إلا

بالارتباط بتلك الأنواع من أشباه الموصلات التي تسمح لهذه الوسائط بالدخول في نطاق قيم الكفاءة وقد تصل بعض الخلايا الضوئية الى كفاءة ١٠٪ حاليا .

وقد جعلت هذه الأساليب استخدامات كثيرة بالارتباط بالطاقة الشمسية وطاقة النظائر المشعة . ومن أنجح هذه التطبيقات استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في الفضاء كما أنها تستخدم حاليا كذلك في الاتصالات التليفونية عبر الصحراء المنعزلة .

(٢ - ج) **الخلايا الكيمائية** : ولا تعتبر هذه الوسيلة من الوسائط غير التقليدية بالنسبة لاستخدامها في الوحدات الصغيرة سواء وحيدات أولية (الخلايا الجافة) ووحدات قابلة لإعادة الشحن (مراكم) مثل خلايا الوقود .

خلايا الوقود : وأحد أنواع هذه الخلايا يستخدم التفاعل الكيميائي بين الأكسجين والهيدروجين لإنتاج الماء في إنتاج طاقة كهربائية . وتتكون الخلية في هذا النوع من قطبين أجوفين من مادة الفحم ومغمورين في اناء به محلول « إيدروكسيد البوتاسيوم » ويشد غاز الأكسجين وغاز الهيدروجين كل واحد منهما في تجويف أحد الأقطاب وبذلك يتولد تيار كهربائي في الدائرة الخارجية .

ويتسبب التفاعل الكيميائي عند قطب الهيدروجين في إنتاج الإلكترونات التي تدخل الدائرة الكهربائية ومنها تعود الى قطب الأكسجين الذي يحدث عنده نقص الإلكترونات أثناء التفاعل الكيميائي للأكسجين .

وترتفع القدرة الناتجة من الخلية بزيادة ضغط الغازات ويمكن توصيل هذه الخلايا على التوالي للوصول الى الجهد المطلوب أما التيار فيتوقف على حجم الخلية .

(٢ - د) **وسائل مغناطيسية** : وهي وسائل تعتبر في طور البحوث وتعتمد على تغير الخواص المغناطيسية مع الحرارة . وتسمى المغناطيسية الحرارية وتتطلب مصعدا حراريا متغير بالزيادة والنقصان حول درجة حرارة كوري الميزة للمادة المغناطيسية الحديدية المستخدمة .

٣ - **الطاقة الشمسية** : لا نبالغ اذا قلنا أن جميع مصادر الطاقة الموجودة على الأرض سواء ما كان منها صالحا للتطويع أو غير ذلك قد

نشأ أولاً من الطاقة الشمسية . وهذه بدورها هي طاقة للانتماج النووي للمواد المكونة لجرم الشمس ذاته .

ولقد كان استخدام الطاقة الحرارية للشمس معروفا منذ آلاف السنين في المناطق الحارة اذ استخدمت طاقة الشمس في تسخين المياه وفي تجفيف بعض المحاصيل لحفظها من التلف . الا أن مجالات استقلال الطاقة الشمسية حديثا تشعبت فمن انتاج الكهرباء وتدفئة المنازل وتكييف الهواء الى تصميم البيوت الشمسية الى الطهي الى صهر المعادن والتطبيقات الصناعية الأخرى . . . الخ .

الا أن الحاجة لاستقلال الكميات الهائلة من طاقة الشمس تضع أمامنا مشكلة كبيرة وهي الحاجة الى مساحات كبيرة من المواد المتصلة والجمعة للحرارة اضافة الى أن طاقة الشمس تتاح في فترات محددة من اليوم كما أن وجود السحب أو الضباب يحد من وصول هذه الطاقة . وفعلا كانت وما زالت هذه المحددات هي المحاور الرئيسية التي تدور حولها أبحاث الطاقة الشمسية حاليا للاستفادة أكثر من الطاقة الشمسية وبتكلفة أقل .

وتتلقى الأجواء العليا طاقة شمسية بمعدل ٤٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية لكل متر مربع في الساعة . الا أنه نظرا لانتقال هذه الحرارة خلال الجو المحيط بالأرض فإن الطاقة التي تصل الى سطح الأرض تتراوح ما بين ٢٥٠٠ الى ٣٥٠٠ وحدة بريطانية لكل متر مربع في الساعة . وتتوقف كثافة انتقال الحرارة على كتلة الهواء . وعلى السحب والضباب وعلى الاشعاع ذاته .

وتتكون الطاقة الشمسية من موجات كهربائية مغناطيسية تتراوح طول موجتها بين ٠.٣ ، ٢٠ ميكرون وتقع حوالي ٩٠٪ من هذه الطاقة في المدى من ٠.٣ الى ٣ ميكرون .

وقد تناولنا بالذكر استخدام الطاقة الشمسية عن طريق التحويل المباشر والوسيلتين الأخرتين يمكن ذكرهما فيما يلي :

(٣ - ١) التسخين : وهو استخدام أقرب الى التطبيق العملي . وسواء بالتركيز للحصول على درجات الحرارة شديدة الارتفاع أو مع عدم التركيز في استخدامات مختلفة مثل تدفئة المياه أو التبخير سواء للماء المالح لازالة ملوحته أو لاستخراج المواد بالبخار وهذه الطريقة يمكن تطويرها الى خدمة الكثير من الأغراض الانسانية .

(٣ - ب) **القوى للحركة** : وتوليد الطاقة بهذه الطريقة يكون عن طريق تركيز أشعة الشمس في مولدات بخار يمكن توليد قوى محرك عن طريقها ثم الحصول على كهرباء وقد تعرضت هذه الطريقة لكثير من التجربة والمحاولة والمآل أن تصل الى مرحلة التطبيق العملي قبل حلول القرن الحادى والعشرين .

٤ - **طاقة الرياح** : وتعتبر طاقة الرياح من أقدم مسور الطاقة استخدمها فقد استغل في السفن الشراعية وفي الطواحين الهوائية . ونظرا لأنه لا يمكن الاعتماد عليها من ناحية الاستمرار والنبات فقد تأخر انتشارها كوسيلة رئيسية من وسائل توليد الطاقة . ويمكن تصور علم النبات في القدرة المنتجة عنها اذا علمنا أن القدرة الناتجة تتناسب مع سرعة الريح للأسى الثالث . بالإضافة الى أن كفاءة تحويل الطاقة تتوقف على سرعة الرياح من نوع المروحة له كفاءة تصميمية ٦٠٪ الا أن الكفاءة الفعلية لا تزيد عن ٤٠٪ .

وتتغير سرعة الرياح خلال السنة من ٣ الى ٨ كيلو متر في الساعة بخلاف الزوايح والدفعات الهوائية كما تختلف السرعة من عام لآخر في حدود حوالى ١٠٪ . ولذلك فإن القدرة المولدة من المحركات الهوائية (مثل سواحل البحار في مصر) الا أنه قد يكون من المفضل ربطها مع البحوث الى حد كبير في تطوير أنواع من المولدات الكهربائية لتلائم ذلك .

هذا وتصلح محركات الهواء في انتاج الطاقة للمناطق النائية (مثل سواحل لبحار في مصر) الا أنه قد يكون من المفضل ربطها مع طريقة أخرى من طرق انتاج الطاقة (مولدات الديزل مثلا) لضمان استمرار التغذية الكهربائية .

٥ - **وسائل أخرى** : توجد مجموعة أخرى من الوسائل طبق بعضها على نطاق تجريبى مثل طاقة الأمواج وطاقة المد والجزر وطاقة الحرارة الأرضية أو البخار الطبيعى والحيوية .

(٥ - ا) **طاقة المد والجزر** : فى بعض المناطق يمكن فى خلال المد والجزر تغير ارتفاع منسوب المياه حوالى ٢٠ مترا فى خلال (حوالى) ١٢ ساعة . وعلى هذا فانه من الممكن حجز كميات كبيرة من المياه لتسر خلال تربينات مائية تنتج قدرة ميكانيكية أو كهربائية . وقد استخدمت هذه الخاصية فى فرنسا لانتاج قدرة حوالى ٢٤٠ ميجاوات باستخدام مولدات وتربينات مغمورة فى المياه وتولد الطاقة فى خلال فترات المد والجزر .

(٥ - ب) **الطاقة الحرارية المخزنة في مياه المحيطات :** حيث تقوم اشعة الشمس بتسخين المياه السطحية في المحيطات والبحار في المناطق الاستوائية وتذيب الثلوج المحيطة بكل من القطب الشمالي والجنوبي لتؤدي الى خلق تيارات مائية باردة في أعماق المحيط (أو البحر) والتي تتدفق أسفل الطبقات الدافئة . وهذا ما دعى الى نشأة فكرة استغلال التباين الحرارى بين طبقات المياه السطحية الدافئة والعميقة الباردة لتوليد طاقة حرارية - باستخدام سوائل وسيطة (مثل الامونيا) ذات درجة غليان منخفضة .

ووضعت الولايات المتحدة خطة تستهدف انشاء محطة حرارية متكاملة تستخدم هذه الفكرة تصل الى ٢٥٠ ميجاوات لتصل خلال التسعينات من هذا القرن .

(٥ - ج) **طاقة حرارة الأرض :** نظرا لأن قلب الكرة الأرضية لا يزال ساخنا وفي درجة حرارة عالية وتسبب التفاعلات البركانية داخل الأرض تكون بخار الماء الذى يخرج من التشققات فى القشرة الأرضية .

وقد استخدم مثل هذا البخار فى إيطاليا وآيسلندا لانتاج الطاقة وللدفئة ويقوم مشروع لاردافيلو فى إيطاليا على أساس حفر آبار للبخار تصل الى أعماق ٣٠٠ الى ٥٠٠ متر فى مناطق خاصة تقوم بتجميع البخار الناتج واستخدامه لادارة تربية بخارية .

(٥ - د) **طاقة الكتلة الحيوية :** تحتوى الكثير من المخلفات والنفايات الأدمية والحيوانية والنباتية على مواد عضوية - أو كتلة حيوية - يمكن الاستفادة منها فى توليد الطاقة . وأجريت كثير من الدراسات لتجميع والاستفادة من هذه الطاقة بوسائل آمنة واقتصادية سواء باستخدام التخمر البكتيرى أو الاحتراق الحرارى أو بتحلل الكائنات الحية المجهرية . كما أن هذه الأساليب لا تعود على المجتمع بفائدة اقتصادية (طاقة - أسمدة ... الخ) . فحسب بل تساهم كثيرا فى حل بعض مشاكل البيئة .

والجدير بالذكر فان عملية بناء محطات - أو وحدات - صغيرة لحرق النفايات لتحويلها الى طاقة حرارية سرعان ما تحولت - فى السنوات الأخيرة - الى مجال كبير لنشاط كبريات الشركات الصناعية ورجال الأعمال الأمريكين حتى وصل عدد هذه المحطات فى الولايات المتحدة - حتى تحرير هذا الكتاب - الى حوالى ٦٠٠ محطة سعة كل منها ما يعادل أو أكبر من ٤٠ طن يوميا . ووصل اجمالى استثماراتها - خلال عامين (٨٥ - ١٩٨٧)

بالولايات المتحدة وحدها الى حوالى ٢ مليار دولار . والمتوقع أن يرتفع الى حوالى ٢٠ مليار قبل حلول القرن الحادى والعشرين .

وما سبق نرى أن مصادر - وسائل - ونواتج الطاقة المولدة بطرق غير تقليدية كثيرة ومتشعبة ويصعب تغطيتها فى كتاب واحد .

ولقد رأى المؤلف أن يتضمن هذا الكتاب اقربها الى التطبيق العملى - فى المستقبل المنظور وعمل الأخص - فى الدول النامية .

الباب الأول : عن الطاقة الشمسية ويتضمن هذا الباب : -

مقدمة عن الطاقة الشمسية : وتتضمن معلومات عامة عن طبيعة هذه الطاقة وكثافتها - نظم للتسخين والتبريد الشمسى - النظم الشمسية الحرارية/الكهربائية - نظم الطاقة الشمسية الكلية - خلايا الفولت - الشمسية فى الأرض والقضاء (الكهرباء من الشمس) .

الفصل الأول : الخلايا الفوتوفولطية أو خلايا الضوء الشمسية : وتتضمن شرح موجز لها - تقنيات الانتاج التجارى المعروفة (السيليكون الأحادى ومتعدد البلورات - الشرائط السليكونية - والخلايا من أنواع الأغشية الرقيقة الأخرى) - التوقعات المستقبلية لتقنيات الانتاج التجارى - انتاج الخلايا الفوتوفولطية والأنماط الجاهزة فى الدول النامية - الاتجاهات المختلفة لصناعة الخلايا الفوتوفولطية - توصيل الخلايا الفوتوفولطية بالشبكات الكهربائية - النظم المعاونة (الفرعية) لتعديل التيار لمحطات التوليد الفوتوفولطية المركزية - استقراء لمستقبل صناعة الخلايا الفوتوفولطية فى القرن الحادى والعشرين - ثم توصيف لسوق الطاقة .

الفصل الثانى : الاستخدام الحادى للطاقة الشمسية : وقسم هذا الفصل الى : -

أولاً : التسخين والتبريد الشمسى : وشرح لكل من النظم المتكاملة من المضخات الحرارية ومخانات المياه التى تعمل بالغاز - النظام المركب من المضخة الحرارية الشمسية والمجمع الشمسى المعيا مسائل للتبريد - توصيف لتجربة لتقييم أداء نظام المضخات الشمسية الحرارية ذات التمدد المباشر .

ثانياً : بيوت الطاقة الشمسية الخاملة : وشرح لكيفية عملها وتكوين جهاز الطاقة الشمسية الخاملة - الاعتبارات التصميمية لهذه البيوت وشرح لمثالين تطبيقيين لها .

ثالثاً : البرك الشمسية : شرح لفكرة البرك الشمسية وأمثلة لمشاريعها في بعض دول العالم - اعتبارات الموقع - توريينات البرك الشمسية (والتي تعمل بدون بخار) - منع التسرب أو الارتشاح من البرك الشمسية - المواقع المناسبة لاقامة البرك الشمسية في ج ٢٠٠٢ - عرض لبعض البيانات الهامة اللازمة لاقامة مشروعات البرك الشمسية بالقاهرة والمناطق المناخية في ج ٢٠٠٢ .

رابعاً : التطبيقات الشائعة للطاقة الشمسية : وتضمن التطبيقات الشائعة لاستخدامات الأجهزة الشمسية (البخار الشمسي - تسخين المياه - التقطير بالطاقة الشمسية والتجفيف بالطاقة الشمسية) - المجالات التقنية لتطبيقات الطاقة الشمسية باستخدام المجمعات الشمسية المسطحة (تطبيقات تسخين المياه والتدفئة - التثليج والتبريد - تجفيف الأغذية - العمليات الحرارية الصناعية) - المجالات التقنية لتطبيقات الطاقة الشمسية باستخدام الخلايا القوتوفوتونية - ثم تطبيقات الطاقة الشمسية في الدول النامية .

خامساً : الطاقة الشمسية للعمليات الصناعية ذات الحرارة العالية : ويتضمن شرح موجز لاتجاهات الأبحاث الحديثة لتطوير الاستخدامات الحرارية والاعتبارات التصميمية العامة - شرح عام لتقنيتين هما مصفوفة المرايا الدوارة - (الهليوستات) الموحدة وهليوستات فيدا الصناعية .

سادساً : دراسات لبعض مشروعات الطاقة الشمسية في العالم : ويتضمن دراسة تحليلية موجزة لثلاثة مشروعات هي : محطة الاستقبال الشمسية المركزية الأمريكية (سولاروان) بقدرة ١٠ ميجاوات (توصيف وشرح لمكونات المشروع وأهم ما تمخضت عنه اختبارات المشروع) - دراسة المفدى المبدئية لتركييب أجهزة استقبال حرارية مركزية تعمل بالطاقة الشمسية بواحة الفرافرة في ج ٢٠٠٢ . (حسابات متطلبات القدرة - التصميم المبدئي لمكونات المشروع) - المشروع الأمريكي للعلاق لانشاء محطات شمسية في الفضاء الخارجي (مراحل المشروع - نبذة عن التصميم المرجع المشروع - عملية بناء المحطة الفضائية ثم كلمة عن المشاكل التي تواجه هذا المشروع) .

الباب الثاني : عن طاقة الرياح : وهو عبارة عن فصل واحد هو :

الفصل الثالث : ويتضمن من نبذة تاريخية عن طاقة الرياح وعن بعض مجالات استخدامها - صوور من الجهود العالمية لتطوير وسائل استغلال طاقة الرياح (عرض تاريخي لتطوير توريينات الرياح) -

تطوير المولد الكهربى (نظام تحويل اتيار الاثارة والبديل ثلاثى الأطوار لهذا النظام - توربينات الرياح الضخمة ذات المحور الأفقى ونصائصها (النموذج صفر - النموذج صفر/1 - الطراز ١ - الطراز ٢ - الطراز ٥ - الطراز ٥ا الطراز ٥ب) توربينات الرياح ذات المحور الرأسى - توربينات الرياح ذات التقنيات الحديثة والمتقدمة - اقتصاديات توربينات الرياح وأخيرا الآثار البيئية لتوربينات الرياح .

الباب الثالث عن الطاقات المستخرجة من الأرض - المحيطات والكتلة الحيوية : ويشتمل هذا الكتاب على أربعة فصول هى : -

الفصل الرابع : طاقة جوف الأرض : ويتضمن نبذة عن طاقة جوف الأرض وعرض للفصائل أو النظم المعروفة منها (نظم البخار الجاف - نظم الماء الساخن أو الحار - نظم المياه المضغوطة - النظم البتروحرارية) - مشاكل استغلال نظم طاقة جوف الأرض - تطوير هذه النظم لتوليد الكهرباء وأخيرا مستقبل تقنية استخلاص طاقة جوف الأرض .

الفصل الخامس : طاقة المد والجزر : ويتضمن شرحا للنظاهرة - توليد الطاقة الكهربائية من المد والجزر - امكانات الاستيعاب الاستاتيكية وادينياميكية لطاقة المد والجزر - حساب امكانية استيعاب طاقة المد والجزر الخام - دراسة لحالة واقعية لمشروع استغلال طاقة المد والجزر بخليج فوندى الكندى (دراسة تحليلية لامكانات موقع المشروع - دراسة تحليلية لآثر ادخال وحدات المد والجزر فى خطة التوسع فى التوليد الكهربى الكندى مع الجداول اللازمة .

الفصل السادس : الطاقة الحرارية المخزنة بمياه المحيطات : ويتضمن نبذة عن التقنية ثم وسائل استخلاص الطاقة الحرارية المخزنة بمياه (الدائرة المفتوحة والدائرة المغلقة) - الدراسات الخاصة بهذه التقنية - الاختيارات التى طرحت أمام البرنامج الأمريكى لتطوير هذه التقنية - التجارب الريادية لاقامة محطة توليد كهربائية باستخدام هذه التقنية وتقييم أو تحليل لاحدى هذه التجارب - مشاكل نقل الطاقة الكهربائية المولدة بهذه التقنية - خطوات ضرورية قبل تنفيذ مشروع اقامة محطة توليد الكهرباء بهذه التقنية .

الفصل السابع : الكتلة الحيوية : ويتضمن نبذة عن واستخدامات الكتلة الحيوية - تقنيات حرق النفايات - حرق النفايات هو انتاج للطاقة وتلوث البيئة (مع بيان حجم مشاريع انكثلة الحيوية

والشركات المالية التي دخلت هذا الميدان) - تقنيات انتاج الغاز الحيوى والميثان وأخيرا معالجة للاء الفائض من العمليات الصناعية وعملية بيوتيق .

هذا وقد حرص الكتاب على تقديم التسهيلات الممكنة الآتية كلما أتاحت الفرصة لذلك وهي : -

- تقديم صور فوتوغرافية للأجهزة والصللت .
- تقديم خصائص الأداء للعمليات ونتائج التجارب والبحوث على شكل منحنيات أو جداول .
- تقديم للمؤشرات - أو القواعد المعمول بها بالنسبة للتصميم والتخطيط .
- ثم يتناول الكتاب شرحا لبعض المصطلحات التي وردت بالكتاب .
- وأخيرا يتناول الكتاب المراجع التي استخدمها المؤلف .

الباب الأول

الطاقة الشمسية

مقدمة :

لا نبالغ اذا قلنا أن جميع مصادر الطاقة الموجودة على الأرض سواء ما كان منها صالحا للتطويع أو غير ذلك قد نشأ أولا من الطاقة الشمسية . والطاقة الشمسية بدورها هي طاقة لا تنساج النوى للوادر المكونة لجرم الشمس ذاته .

ولقد كان استخدام الطاقة الحرارية للشمس منذ آلاف السنين معروفا في المناطق الحارة اذ استخفمت طاقة الشمس في تسخين المياه وفي تجفيف بعض المحاصيل/لحفظها من التلف + الا أن التجارب تجري حاليا لاستغلال طاقة الشمس في إنتاج الطاقة الكهربائية وفي تسفئة المنازل وتكييف الهواء والظهى وفي صهر المسادن . الا أن الحاجة لاستغلال الكميات الهائلة من طاقة الشمس تقض اماننا مشكلة كبيرة وهي الحاجة الى مساحات كبيرة من المواد المتصلة والمجعة للحرارة . وبالإضافة الى هذه الصعوبة فإن طاقة الشمس تتاح في فترات محددة من اليوم كما أن وجود السحب أو الضباب يحد من وصول هذه الطاقة .

وتتلقى الأجواء العليا طاقة شمسية بمعدل ٤٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية لكل متر مربع في الساعة الا أنه نظرا لانتقال هذه الحرارة خلال الجو المحيط بالأرض فإن الطاقة التي تصل الى سطح الأرض تتراوح بين ٢٥٠٠ ، ٣٥٠٠ . وتتوقف كثافة انتقال الحرارة على كتلة الهواء . وعلى السحب الضباب ، وعلى الاشعاع ذاته .

ويعتبر الحزام الشمسي Solar Belt للكرة الأرضية بين خطي عرض ٣٠ + شمالا و - ٣٠ جنوبا بالنسبة لخط الاستواء وهذه المنطقة أو الحزام تتعرض لساعات شمسية خلال العام تتراوح بين ٣٠٠٠ الى ٤٠٠٠ ساعة سنوية .

الا أن اختلاف المناطق الجغرافية والبيئية جعل الاختلاف بينا في كمية الطاقة التي تسقط على المتر المربع من سطح الأرض . وهناك عوامل

كثيرة لها تأثير على تقليل كمية الطاقة الشمسية الساقطة منها على سبيل المثال بخار الماء العالق في الهواء والغازات المختلفة مثل ثاني أكسيد الكربون وكذا طبقة الأوزون المخلفة للهواء الجوى من الخارج وكذا الأتربة الملقة في الهواء .

ولقد حظيت جمهورية مصر العربية بطبقة جوية تعتبر مثالية من الناحية العلمية والعملية والتي لا تمثل مثل هذه العوامل تأثيرا كبيرا على كمية الطاقة الشمسية الساقطة حيث تقع في النصف الشمالي من الكرة الأرضية بين خطي 30° و 20° شمالا . فنجد أن جزءا كبيرا من أراضي الجمهورية يقع في مناطق الصفاء الجوى والتي تمنح طاقة شمسية تقدر بحوالى ٤٠٠٠ ساعة سنوية مع كمية طاقة شمسية تقدر بحوالى كيلووات على المتر المربع مكونة من أشعة حرارية وضوئية مباشرة - وممتشرة وهذه الكمية وأن كانت صغيرة إلا أنها تعتبر في بعض طرق الاستغلال لهذا المصدر اقتصادية . ولما كانت الإحصائيات العلمية تمنح انذارا بقرب تضروب مخزون الوقود في العالم وبالنسبة للطاقة الحرارية منها أو الكهربائية مما يجعل قصر استخدامها على الدول الغنية .

من أجل هذا فلا بد من استمرار البحوث في استغلال الطاقة الشمسية وكذا استغلالها مع الاستمرار في تحسين أجهزتها لرفع كفاءتها حتى تستطيع الأجيال التي تليها أن تجد أساسا علميا أو عمليا لاستغلال هذا المصدر .

وتصل الطاقة الشمسية الى الأرض على شكل ضوء أو طاقة اشعاعية . ففي اليوم الصحو عندما تكون الشمس عمودية فإن طاقتها الاشعاعية تصل الى سطح الأرض بمعدل ١ ك . و / م^٢ أى أنها مصدر للقدرة وفير لو أمكن تجميعه واستغلاله للوقاء باحتياجاتنا من الطاقة . وتوجد ٣ طرق رئيسية لتسخير قدرة الطاقة الشمسية . الأولى بتجميع حرارتها للاستغلال المباشر في التسخين والتبريد . والثانية باصطياد أو باحتجاز حرارة الشمس لتسخين وغليان الماء لانتاج البخار لإدارة توربين لتوليد الكهرباء . والثالثة باستغلال ضوء الشمس لتوليد الكهرباء من خلال خلايا الفوتوفولطية .

نظم التسخين والتبريد الشمسي :

التسخين الشمسي لكلا المياه والتدفئة أصبح متاحا حاليا وأفضل استخدام له في الأماكن التي يسود فيها اشراق الشمس . وتستخدم نظم التسخين الشمسي بمجمعات مسطحة عبارة عن ألواح Panels

ذات سطوح خلفية مسطحة وسوداء (لامتناهية الحرارة) وهذه الألواح مثبتة الى مواسير مياه أو هواء ومغطاة بالزجاج أو البلاستيك وتوضع على سطح roof ببيل (مائل) أو على أطر Frames تواجه الشمس . وتمتص السطوح المائلة (السوداء) الطاقة الشمسية لتسخين المياه أو الهواء - داخل المواسير - والتي تدور خلال المبنى ويمكن لنظم التسخين الشمسي أن تغذي (توفر) - في العادة - ما بين ٣٠ ٪ - ٨٠ ٪ من الاحتياجات الحرارية للمبنى . لذا كان لابد من وجود نوع من نظم التسخين التقليدية لامتداد الفارق . كما يلزم وجود نوع من وسائل تخزين الطاقة لمواجهة الفترات غير المشمسة . وفي نظام تسخين الماء الشمسي فإن المياه التي سبق تسخينها يمكن تخزينها داخل خزانات كبيرة ومعزولة توضع في أو قريبا من المبنى . وفي الامكان أن تشتري بيتا شمسيا جديدا مجهزا بالكامل أو يمكنك شراء المكونات اللازمة لبناء وتشبيده نظاما شمسيا لبنت قائم فعلا . وتختلف تكلفة نظم التسخين الشمسي المنزلية حسب كل من الموقع والطبيعة وحجم نظام المجمعات الشمسية كذلك حسب كون البيت جديدا أو قديما أو ما إذا كان البيت يقيم وسائل أخرى لترشيده الطاقة أولا .

وبالنسبة لنظم التبريد وتكييف الهواء فهي تحتاج الى حرارة لتشغيلها وهذه الحرارة - تمد - في الأحوال العادية من خلال الكهرباء . ففي نظام التبريد الشمسي تقوم ألواح المجمعات الشمسية بتزويد (توفير) الحرارة لمولد التثليج (التجميد) Refrigeration Generator والذي يبرد من خلال تبخير وتكثيف سائل تبريد Liquid Refrigerant دائر (يدور داخل دائرة مغلقة) . وهذه المناسبة نذكر أن مدرسة جورج تاون الابتدائية في مدينة أتلانتا بولاية جورجيا الأمريكية قامت - عام ١٩٧٥ - ببناء أول نظام للتسخين والتبريد الشمسي على مستوى كبير - في العالم - والذي يخضع مساحة ٣٢٠٠٠ قدم مربع (حوالي ٢٨٨٠ م^٢) .

النظم الشمسية الحرارية - الكهربائية :

تم تطوير العديد من النظم الشمسية المتقدمة بهدف تجميع حرارة الشمس لاستخدامها في غليان الماء لإدارة توربين لتوليد الكهرباء . وهذه النظم تستخدم أنواعا متقدمة Sophisticated من المجمعات الشمسية بما فيها الهليوستات - والمرايا ذات الشكل الصحنى Dish-Shaped ومرايا لقطع المكافئ Parabolic . أما الهليوستات Heliostat فهو عبارة عن مرايا مستطيلة كبيرة والتي تتبع أو تتعقب Track حركة الشمس ومن المقرر استخدامها في محطة استقبال مركزية لتوليد القوى وتسمى هذه المحطات أيضا بمحطات القوى البرجية Power Tower Plants

والحطة لها حقل كبير من أجهزة الهليومنتات والتي تتبع (تتعقب) الشمس بالحركة أفقيا أو رأسيا وتركز ضوءها على غلاية والتي تركيب على قمة برج مركزي . والبخار المولد يستختم لإدارة توربين لتوليد الكهرباء. ويتولى جهاز كمبيوتر - والذي يحوى بيانات عن موقع الشمس (نقول تجاوزا موقع الشمس أو حركة الشمس ونقصد بها الحركة النسبية للأرض فالمعروف أن الأرض هي التي تدور حول الشمس) وتنفيذ هذه المعلومات لكل جهاز هليومنتات والذي يتعدل وضعه - كلما دعت الحاجة لذلك - من خلال محرك كهربى . وتستختم نظم الاستقبال المركزية هذه مبدئيا فى المحطات القائمة التى تعمل أصلا بالمازوت أو الغاز الطبيعى للمساهمة فى ترشيد الطاقة بها بادماج المكونات الشمسية مع المهام التقليدية بالمحطة .

وعرايا القطع المكافئ أو الصحنية تقتفى أثر أو تتعقب المجمعات الشمسية والمصممة لنوع آخر من محطات القوى والتي يشار إليها بالنظم الموزعة Distributed Systems فتقوم هذه المجمعات بتركيز ضوء الشمس على جهاز استقبال يوضع على المجتمع نفسه وفى مواجهة برج مركزي وتنتج الحرارة 1 (الكهرباء) عند كل مجمع على حدة ومن ثم تتبع استغلالها فى التطبيقات المتناثرة .

نظم الطاقة الشمسية الكلية :

وتستختم هذه النظم المجمعات المزودة بأجهزة التوجيه أو التعقب Tracking لاستحواذ حرارة الشمس بهدف توليد الكهرباء . علاوة على ذلك فإن الحرارة المتخلفة عن العملية سوف تستختم مباشرة لإنتاج بخار يستختم فى عمليات التدفئة والتبريد أو فى العمليات الصناعية وأقامت وزارة الطاقة بالولايات المتحدة وحدة تجريبية لنظام الطاقة الشمسية الشامل (الكلى) باستخدام مجمعات من النوع الصحنى فى مصنع للملابس فى « شينانفوه » بولاية جورجيا . ويقوم هذا النظام بتزويد المصنع بالكهرباء والحرارة اللازمة للتدفئة والعمليات الصناعية وبذلك يمكن أن يكون له مزاياه محطات التوليد المشترك .

خلايا الضوء الشمسية Solar Photovoltaics فى الأرض والغشاء :

وهي تحول ضوء الشمس مباشرة الى الكهرباء من خلال ظاهرة تعرف بالأثر الفوتوولطى Photovoltaic Effect . ويحدث ذلك عندما يصطدم شعاع الشمس بأشياء موصلات معينة مثل السيليكون - كبريتيد

الكاسيوم/والجالسيوم أريستيد - وتمتص الذرات داخل هذه المواد - ضوء الشمس - نسبة انطلاق الالكترونات منها (من المواد طبعاً) وتجمع هذه الالكترونات الحرة عند سطح واحد من أشباه الموصلات وتقوم شبكات ملاصقة (تلامس Contact Grids أمام وخلف الخلية باستكمال الدائرة الكهربائية لتسمح بمرور الالكترونات الى التيار الكهربى . وجدير بالذكر فان الخلايا الشمسية السليكونية استخدمت لتوليد الكهرباء فى عدد من سفن الفضاء . وكانت معظم (عام ١٩٧٩ أو ١٩٨٠) الخلايا الشمسية تصنع من بلورة واحدة من السليكون نظرا لتوافر عنصر السليكون علاوة على كفاءتها فى تحويل ضوء الشمس الى الكهرباء . وكحالة واقعية نأخذ مثلا خلية شمسية مصنعة من شريط رفيع أو قرص من السليكون بمساحة من ٥ الى ١٠ بوصة مربعة وكل خلية سليكونية تنتج جهدا كهربيا أقل قليلا من ٠.٥ فولت أما كمية التيار الكهربى فتعتمد على مساحة الخلية وشدة ضوء الشمس . وتوصيل الخلايا الشمسية مع بعضها على لوح مسطح كبير فى المجموعات Combinations المطلوبة لإنتاج الجهد أو التيار المطلوبين . ويمكن كذلك ضم (دمج) الخلايا الشمسية مع المكثفات أو أى مهمات أخرى لزيادة شدة (كثافة Intensity) الضوء الشمسى المسلط على الخلايا . واستخدمت خلايا الضوء الشمسية لمدة سنوات لامتداد مركبات الفضاء بالقدرة الكهربائية وكذلك فى التطبيقات الموجهة من بعد مثل محطات مرودات (مكبرات) الراديو - محطات الأرصاد الجوية و buoys (العوامات الطافية) فى المحيطات حيث تكون الانشاءات الخاصة بالتغذية الكهربائية باهظة التكلفة . ومستقبلا قد تدمج الخلايا الشمسية على أسطح المنازل والمتاجر وكذلك فى محطات القوى المركزية الكبيرة . وفى كثير من هذه التطبيقات (الاستخدامات) يتطلب الأمر التزويد بمحول (مقوم عكس) Inverter للتغيير من التيار المستمر (الذى تولده الخلايا) الى التيار المتناوب . وهناك استخدام مستقبلى آخر للخلايا الشمسية والذى قد يتضمن ارسال كميات ضخمة من ألواح الخلايا الشمسية الى الفراغ فى مدار حول الأرض لإنتاج الكهرباء والذى تغذى الى أجهزة ارسال الموجات المتناهية الميقة Microwave حيث تستقبل بالمحطات الأرضية .

وعلى الرغم من أن الخلايا الشمسية كانت متاحة منذ عدة سنوات مضت الا أن تكلفتها العالية كانت سببا فى الحد من انتشارها . وفى هذا المجال بذلت معاهد البحوث فى الولايات المتحدة الأمريكية للوصل بسمرها الى ما يقرب من ٧٠ سنت أمريكى لكل وات عام ١٩٨٦ . ولا شك

فان تخفيض تكلفتها مستقبلا سيجعل الخلايا الشمسية أحد البدائل
والثانية الطريقة الحاملة

نظم التسخين والتبريد الشمسية :

لاستغلال الطاقة الشمسية في التدفئة هنالك طريقتان الأولى
الطريقة الفعالة Active والثانية الطريقة الخاملة Passive
والطريقة الفعالة تستخدم مسمات ميكانيكية مثل المراوح والمضخات التي
تدار بالكهرباء لتحسين عمليات تجميع وتوزيع حرارة الشمس . ويعمل
النظام بطريقة تماثل الفرن داخل المنزل . والمشاكل التي تواجهها
تتضمن على الحجم الطبيعي والحاجة الى تخزين للحرارة . وعلى كل حال
ما زالت الطرق الفعالة غير اقتصادية بمعنى أن الوفرة في الطاقة لا يكفي
لتغطية تكلفة النظام خلال فترة معقولة .

وأما الطريقة الخاملة فقد لاقت نجاحا أكبر مقرونا باقتصادياتها .
والنظام الحامل يتضمن (يشمل) على سمات تصميمية للمنزل . مثلا
التوزيع الاستراتيجي للنوافذ والشراعات Overhangs والمواد العازلة
فيجب توجيه المنزل بحيث يلتقط أكبر قدر من حرارة الشمس خلال
أشهر الشتاء وتتولى القوى الطبيعية توزيع الحرارة بدون استخدام
المراوح أو المضخات .

الكهرباء من الشمس :

هنالك طريقتان مختلفتان لانتاج الكهرباء من الشمس الأولى
بالتحويل المباشر للطاقة الشمسية الى الكهرباء من خلال الخلايا الضوء
الشمسية . وغير المباشرة وتسمى « برج القوى » (Power Tower)
حيث يقوم حقل كبير من المرايا بتوجيه وتركيز أشعة الشمس نحو جهاز
استقبال مركب على برج حيث يولد البخار لإدارة توربين لتوليد الكهرباء .
ومنشآت أبراج القوى تصنف باسم محطات توليد كهرباء الحرارة
الشمسية Solar Thermal Electric Generating Stations
ولقد تحسنت تقنية خلايا الضوء الشمسية منذ عام ١٩٥٨ عندما امتثلت
عمليا لأول مرة في برنامج للفضاء . وقبل الاعتماد على خلايا الضوء
الشمسية لتوليد نسبة كبيرة من القدرة الكهربائية لمؤسسات الكهرباء - أو
لاستخدامها كمصدر كهربى وحيد لتطبيق منفرد لابد من إيجاد وسائل
فعالة لتخزين الطاقة الكهربائية . ولحين تحقيق ذلك لابد من توفير مصدر

كهربي اضافى لمواجهة فترات الغيوم والتي تحجب فيها اشعة الشمس .
وحسب معلومات كاتب المقال فان أكبر محطة قوى فوتوفولطية هي
بولاية كاليفورنيا الامريكية والتي قامت ببنائها مؤسسة « أركو سولار
وموصلة بشبكة شركة كهرياء غاز الباسفيك وتشمل على مرحلتين الأولى
سعتها ٦ ميجاوات والثانية ١٠٥ ميجاوات . كذلك نجد محطة
« سولارون » Solar-1 بصحراء موجيف بالقرب من بارسكو بولاية
كاليفورنيا الامريكية وتعمل بتقنية « برج القوى » وتعمل لصالح شركة
أديسون بجنوب كاليفورنيا وتبلغ قدرتها ١٠ ميجاوات .

هنالك كذلك البرك الشمسية Solar Ponds وفكرة عملها تعتمد
على اصطياذ trapping حرارة الشمس فى المياه ذات الملوحة المركزة
فى المستويات المنخفضة للبرك الضحلة Shallow فالمياه ذات الملوحة
المركزة لا ترتفع الى أعلى وتتبخر ولا يمكنها أن تصل الى نقطة الغليان
حتى فى أبرد أيام الشتاء وهذا الماء المغلى يمكن استغلاله لتدفئة المنازل
ولتوليد الكهرباء . ومن أكبر البرك الشمسية - أن لم تكن أكبرها
فعلا - فى الولايات المتحدة تلك القريبة من شاتانوجا بولاية يتنيسى فهى
تغطى مساحة هكتار (١٠٠٠٠ م^٢) وعمقها حوالى ٣ متر وتحتوى على
٢٠٠٠ طن من الملح المحلل Dissolved . وقدرت التكلفة الجارية
لها بحوالى ١١ دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية بالمقارنة بالرقم
٥١ دولار للفحم (تقريبا) ويمكن خفض التكلفة الى ١١ يعادل ٤ ← ٦
دولار فى حالة بركة مساحتها ١٠ هكتار (١٠٠٠٠ م^٢) .

هذا وستعرض فى الفصلين التاليين صورا لأهم الانجازات التى
تمت لاستغلال الطاقة الشمسية والاتجاهات البحثية فى هذا المجال
الحيوى الهام .

الفصل الأول

الخلايا الفوتوفولطية أو خلايا الضوء الشمسية

الخلايا الفوتوفولطية Photovoltaic Cells أو كما يطلق عليها أحيانا خلايا الضوء الشمسية Solar Photovoltaics هي خلايا تقوم بتحويل ضوء الشمس الى الكهرباء من خلال ظاهرة تعرف بالآثر الفوتوفولطي Photovoltaic Effect ويحدث ذلك عندما يضطلم ضوء الشمس بأشبه موصلات معينة مثل السيليكون - كبريتيد الكاديوم والجاليوم آرسنيد - تمتص الذرات داخل هذه المواد - ضوء الشمس - مسببة انطلاق الالكترونات منها (من المواد طبعاً) وتجمع هذه الالكترونات الحرة عند سطح واحد من أشباه الموصلات وتقوم شبكات ملائمة (تلامس) Contact Grids أمام وخلف الخلية باستكمال الدائرة الكهربائية لتسمح بمرور الالكترونات أى التيار الكهربى - وجزء بالذکر فان الخلايا الشمسية السليكونية استخدمت لتوليد الكهرباء فى عدد من سفن الفضاء وكانت معظم وحتى عام ١٩٧٩ أو ١٩٨٠ الخلايا الشمسية تصنع من بلورة واحدة من السيليكون نظرا لتوافر عنصر السيليكون علاوة على كفاءته فى تحويل ضوء الشمس الى الكهرباء - وكفاءة واقعية تأخذ مثلا خلية شمسية مصنعة من شريط رفيع - أو قرص - من السيليكون بمساحة من ٥ ← ١٠ بوصات مربعة وكل خلية شمسية سليكونية تنتج جهدا كهربيا أقل قليلا من ١/٢ فولت - أما كمية التيار الكهربى فتعتمد على مساحة الخلية وشدة ضوء الشمس - وتوصيل الخلايا الشمسية مع بعضها على لوح مسطح كبير فى المجموعات Combinations المطلوبة لاتحتاج الجهد أو التيار المطلوبين - ويمكن كذلك ضم (دمج) الخلايا الشمسية مع المركبات أو أى مهمات أخرى لزيادة شدة كثافة Intensity

الضوء الشمسى المسلط على الخلايا - ولقد استخدمت خلايا الضوء الشمسية لعدة سنوات لأمداد مركبات الفضاء بالندرة الكهربائية وكذلك على نطاق صغير فى التطبيقات الموجهة من بعد مثل محطات مرددات (مكبرات) الراديو - محطات الأرصاد الجوية والموامات الطافية buoys فى المحيطات حيث تكون الانشادات الخاصة بالتغذية الكهربائية

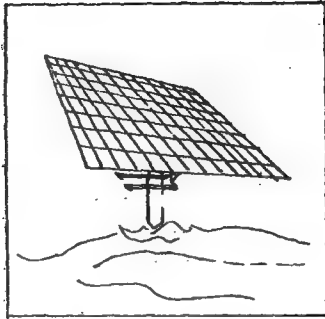
بأحاطة التكلفة • ومستقبلا قد تستخدم الخلايا الشمسية على أسطح المنازل والمتاجر وكذلك في محطات القوى المركزية الكبيرة • وفي كثير من هذه التطبيقات (الاستخدامات) يتطلب الأمر التزويد بمحول Inverter للتغيير من التيار المستمر (الذى تولده الخلايا) الى التيار المتناوب • وهناك استخدام مستقبلي آخر للخلايا الشمسية والذى قد يتضمن ارسال كميات ضخمة من ألواح الخلايا الشمسية الى الفراغ في مدار حول الأرض لانتاج الكهرباء والتي تغذى الى أجهزة ارسال الموجات المتناهية الدقة Microwave حيث تستقبل بالمحطات الأرضية •

وعلى الرغم من أن الخلايا الشمسية كانت متاحة منذ عدة سنوات مضت إلا أن تكلفتها العالية كانت سببا في الحد من انتشارها • وفي هذا المجال بذلت معاهد البحوث في الولايات المتحدة الأمريكية للوصول بسلامتها عام ١٩٨٦ الى ما يقرب من ٧٠ سنت أمريكي لكل وات • ولا شك فإن تخفيض تكلفتها مستقبلا سيجعل الخلايا الشمسية أحد البدائل الاقتصادية لتوليد الطاقة •

وتولد الخلايا الفوتوفولطية - لحظيا - تيارا كهربائيا مستمرا عندما تتعرض لضوء الشمس وكلما كان الضوء أكثر اشراقا كلما زادت قيمة التيار الكهربائي المولد • والخلايا الشمسية ليس لها إمكانية تخزين الكهرباء التي تنتجها • والجهد الكهربائي الذي تنتجه خلية واحدة يتراوح ما بين ٤ر٠ - ٥ر٠ فولت بصرف النظر عن حجم الخلية • والتيار المنتج يتناسب طرديا مع المساحة • وللحصول على جهد كهربائي أعلى توصّل الخلايا على التوالي وترص Packaged encapsulat في وحدات نمطية وبن واقع على تصميم الوحدة النمطية لانتاج من ٢ → ٣ أمبير عند جهد يتراوح من ١٥ - ١٨ فولت لشحن بطارية • والخلايا الفوتوفولطية لا تتطلب وقودا وعمرها الافتراضي يزيد عن ٢٠ عاما •

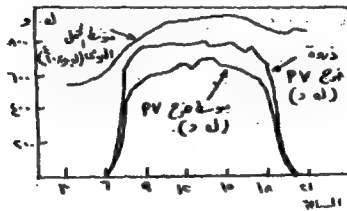
تقنيات الإنتاج التجاري - المعروفة - للخلايا الفوتوفولطية :

منذ عام ١٩٧٣ نشطت صناعة الخلايا الفوتوفولطية وقدمت العديد من التقنيات هذا المجال وحلت تقدم ملحوظ خلال هذه الفترة القصيرة في حصر هذه التقنيات التي تعطي مؤشرا أو نتائج واحدة بالنسبة للنطاق التجاري • وفي عام ١٩٧٣ تكونت ٤ شركات فقط في الولايات المتحدة كل منها يصنع ألواح شمسية Solar Panels من بقايا المشروعات الفضائية من خلايا السليكون الشمسية (Space-rejected) وكانت



(شكل ١ - ١)

شكل يبين الحمل أو القاعدة لأنماط الخلايا الفوتوفولتية بسيطة التركيب .



(شكل ١ - ٢)

محتويات موجة الحمل اليومي ودورة المخرج الكهربائي لمحة فوتوفولتية بنظام أديسون (يونيو ١٩٨٤)

البدائل الهامة وقتذاك هي الشرائط السيليكونية Si-Ribbons والخلايا المصنوعة من الأغشية الرقيقة من كبريتيد الكاديوم وحاليا - حسب معلومات كاتب المقال عام ١٩٨٥ - هنالك ٦ تقنيات تغطي مؤشرات واعدة بالنسبة للإنتاج التجارى واسع النطاق وهي :-

١ - البلورة الاحادية من السليكون

٢ - البلورة المتعددة Si

٣ - الشريط السيليكونى المتشابك Polycrystalline Si

٤ - السليكون غير البلورى (غير المتبلور)

٥ - سبيكة كبريتيد الكاديوم/(نحاس - انديوم - سيلينيوم)
Cds/CuIn Se₂

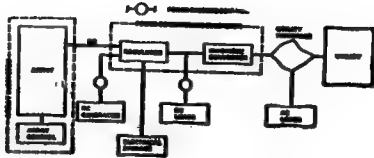
٦ - كاديوم تيلوريوم Cd Te

السليكون الأحادى ومتعدد البلورات :

ذكرت التقارير أنه أمكن صناعة خلايا شمسية ذات كفاءة عالية - فى ظروف عملية - أعطت ١٩٪ لخلايا مساحتها ٤سم^٢ . الا أن هذه النتائج لتحقيقها تتطلب سليكون غاية فى النقاء ومن ثم باهظة التكلفة مع عمليات تشغيل من نوعية خاصة ذات تكلفة باهظة كذلك .

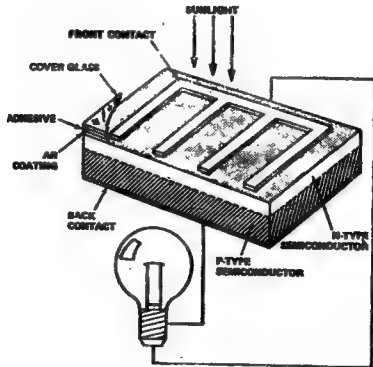
أما العمليات التقليدية بشكل أكثر ومن ثم أقل كلفة أدت إلى إنتاج ألواح مكبسلة (داخل كبسولة Encapsulated) ذات كفاءة حوالى من ١٠ - ١٢٪ وتباع الألواح بسعر حوالى (عام ١٩٨٥) ٧٥ دولار/وات (للسعات الكبيرة والتي تقدره بالميجاوات) وذلك نتيجة لسعات الإنتاج العالية (والتي تصل إلى ٥ م^٢/سنة) .

أما بالنسبة للألواح السليكون متعدد البلورات - على العكس من ذلك فإن كفاءتها أقل قليلا (تتراوح من ١٠ - ١١٪) الا أنها تستفيد من الوفرة فى التكلفة بتخفيض زمن التجهيز Processing Time والطاقة . كما ينتج بشكل قريب من الشكل المستطيل (سهل التركيب) وجاء فى تقرير نشر حديثا لأحدى الشركات الأمريكية (Spire Corp) ويتضمن تحليل للتكلفة لصناعة الخلايا السليكون بمعدل ٣ ميجاوات/سنة آليا بالكامل Fully-Automated وفيه أنه باستخدام البولى سيليكون Polysilicon (متعدد البلورات) الرخيص نسبيا (٣٠ دولار/كجم عام ١٩٨٤/١٩٨٥) وخلايا ذات كفاءة عالية (١٦٪) والألواح (١٤٪) فيمكن أن تصل التكلفة لنوعية إلى ٢٤٥ دولار لكل



(شكل ١ - ٢)

شكل توضيحي لبيان مكونات محطة فوتوفولطية لتوليد الطاقة الكهربائية .



(شكل ١ - ٤)

تركيب خلية كهروضوئية (فوتوفولطية)

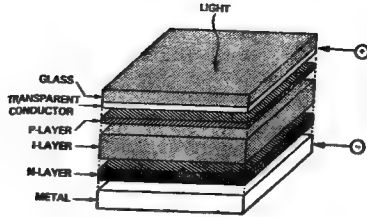
وات لهذه الألواح - وهذا الرقم يمثل ٢٥٠٪ من المستهدف من الحكومة الأمريكية للوصول الى ٧٠ دولار/وات مقيما بدولار عام ١٩٧٩ وهذا الرقم يعادل حوالي ١٤٥٧ دولار لكل وات عام ١٩٨٩ .

الشرائط السليكونية Silicon Ribbons تنتج شركتا EFG & Web-Ribbons الأمريكيةين الواح بكفاءة تعادل أو أكبر من ١١٪ بخلايا كفاءتها تعادل ١٦٪ . والألواح من شريط الى لوحات الشرائط Ribbon-to-Ribbon Panels أعطت كفاءة ١٠-١٥٪ بخلايا كفاءتها ١٢٪ ويجرى حاليا تطوير عمليات تجهيزية أخرى للشرائط مثل عملية Edge-Supported Pulling (ESP) وعلمية Long Angle Si-Sheet (LASS) وعلمية Ribbon-Against-Drop (RAD) الا أنها لم تصل بعد مرحلة الانتاج التجارى . والسؤال الذى يطرح نفسه هنا هو هل يمكن لتقنيات الشرائط المختلفة ان تنضم لبعضها بشكل ما للحصول على نفس الكفاءة مثلا ولكن بسعر اقل من الرقم ٢٤٥ دولار/وات (لعام ١٩٨٢ / ١٩٨٥) (يعادل حوالي ٣٥ دولار/وات عام ١٩٨٩ .

السليكون غير البللورى Amorphous Silicon : تحقق تقدم كبير فى صنع الخلايا الأولى منها عام ١٩٧٤ بالوسائل العملية المتاحة حاليا وأمكن الوصول الى كفاءة ١١-١٥٪ . وحقت منظمات أو شركات كثيرة رقما أعلى من ١٠٪ فى الكفاءة وأعلنت شركة ARCO Solar عن بيع منتجاتها من الألواح قياس ١ قدم × ٤ قدم بحد أدنى من الكفاءة ٥٪ وضمان ١٢ شهرا كما تعلن بالنسبة للألواح ذات المساحة ١ قدم مربع بكفاءة ٧٩٪ . وتوجد عدة شركات ربما (ستة فقط) فى انحاء العالم تنتج ما يطلق عليها α الا أنه - عند كفاءة تزيد (أعلى) عن ١٠٪ تصبح المشكلة لهذه النوعية من المنتجات هى مشكلة الاتزان .

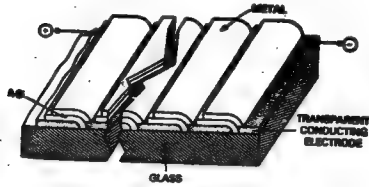
ولقد تحقق تقدم كبير لتخفيض الأحياط أو الانحطاط فى القدرة الأصلية Power Degradation الذى ينتج بفعل الضوء الساقط عليها والمعروفة باسم اثر ستايبلر - رونسكى (Staebler-Wronski Effect) الى ٧ ← ٨٪ فقط (كانت ٢٠٪ عام ١٩٨٠) هنالك مشكلة أخرى تواجه منتجات (Cd Te) من التحرك من عملية التجهيز (غير المستمرة Batch Processing) ذات السرعة البطيئة الى العمليات المستمرة عالية السرعة وهى عملية ضرورية لانتاج الألواح ذات التكلفة المنخفضة .

الخلايا من أنواع الأغشية الرقيقة الأخرى : هذا ما زال هنالك تقنيتان تجديبان صناع الخلايا الشمسية وهى سبائك Cd Te & Cu In Se



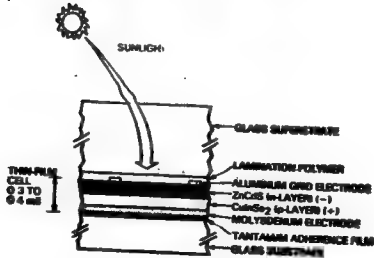
(شكل ١ - ٥)

شكل توضيحي لتركيبة خلية السيليكون اللايلوري الشمسية



(شكل ١ - ٦)

شكل توضيحي لتوصيل أو تجميع الخلية الشمسية



(شكل ١ - ٧)

تصميم خلية فوتوفولائية من طبقة رقيقة من سيليك (نحاس -

الانديوم - سيلينيوم)

ووردت تقارير من عدة مؤسسات تؤكد كفاءة عملية عالية (حتى ١٢٨٪) . وعلى الرغم من أن هذه المواد تغطي مؤشرات واعية بالنسبة لخصائص الاتزان كذلك بالنسبة لخلايا سبيكة الكاديوم/تيلوريوم Cd Te فتغطي مؤشرات طيبة بالنسبة لانخفاض التكلفة مع إمكانية التجهيز للانتاج على نطاق تجارب طيب الا أنها ما زالت تثير تساؤلات خطيرة بالنسبة لانتاجية هذه المواد وأثارها السامة والتي من الممكن أن تتفاقم أثارها في حالة الانتاج التجاري واسع النطاق (مستوى الميجاوات مثلا) .

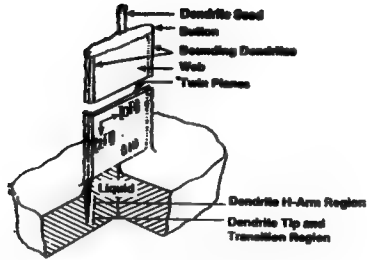
التوقعات المستقبلية لتقنيات الانتاج التجاري

هناك عوامل عديدة أدت الى قصور في التوسعات المخططة لتسهيلات تقنية السليكون أحادي أو متعدد البلورات بدأ من انخفاض أسعار البترول الى نهاية فترة المزايا الضريبية التي تمنحها حكومة الولايات المتحدة لهذه الصناعة والتي كان من شأنها (كانت سببا رئيسيا) لقيام صناعة نظم ذات أحجام كبيرة (تقدر بالميجاوات) .

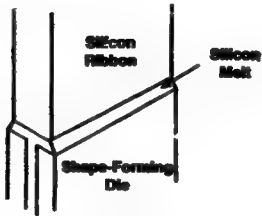
وسوف يؤدي النشاط الزائد (القوي أو الكبير) في مجال تقنيات الشرائط والمواد غير البلورية الى ظهور جيل جديد من منتجات الخلايا بالفوتوفولطية بتكلفة أقل كثيرا مما يثير المنافسة الى السوق المحدود (حاليا) لمنتجات الخلايا الفوتوفولطية . والحقيقة فان التقسيم الكبير الذي تحقق حديثا في مجال تقنية السليكون غير البلورى يجعل سباق التنافس بالنسبة للجيل القادم من الألواح الشمسية Solar Panels مشريا حقا .

فاذا أضفنا الى ذلك التحسن الحجمي للأسواق الاستهلاكية مما حدا بصناع تقنية السليكون الأحادي متعدد البلورات الى العولم الى تقنية السليكون غير البلورى ففي الحقيقة لا يمكننا التنبؤ بماذا يمكن أن تقدم لنا تقنيات الأغشية الرقيقة من مزايا لكي تنافس هذه التقنية على الرغم من أن تكلفة الخلايا الفوتوفولطية انخفض بنسبة كبيرة الا أنه ما زالت هذه الخلايا الشمسية غير اقتصادية مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى مثل المازوت والغاز الطبيعي والفحم والنوية .

فأشعة الشمس هي طاقة منتشرة (متناثرة) والخلايا الشمسية هي معدات الكترونية معقدة وتطوير مصفوفات من الخلايا بأبعاد عملية بالنسبة للانتاج على مستوى الميجاوات يضيف أعباء (اضافية) على



(شكل ١ - أ)
عمدة التشجير النشائي



(شكل ١ - ب)
عمدة النمر بتقنية النشاء الرقيق والمعدة الأحرف

معهما - الحال - للمواد الالكترونية وتقنيات تجهيزها • وتركز التقنيات الحديثة للخلايا الفوتوفولطية على الاستخدامات الأرضية (وليست الفضائية) وهذه تتخذ ٣ اتجاهات •

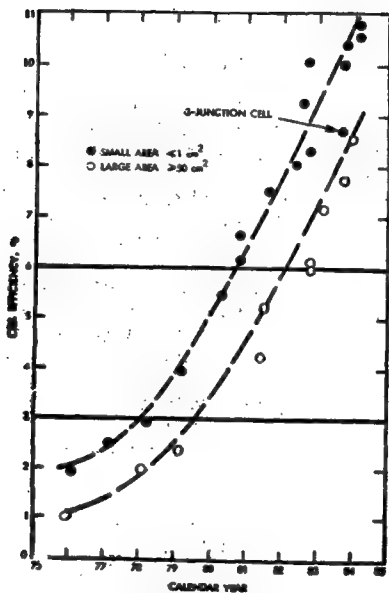
- الشرائط السليكونية

- الأغشية الرقيقة

- المركّزات Concentrators

الشريط السليكوني Silicon Ribbon : يمكن سحب الشرائط السليكونية من مصهور بطرق مختلفة - لتكوين نوعية عالية المسنوي من الألواح Sheets السليكونية ذات اتساع وسمك عمليين لصناعة الخلايا الشمسية • ومن بين الاتجاهات المتعددة لصناعة الشرائط السليكونية نجد ان اثنان منها يعطيان مؤشرات واعدة جدا - بالنسبة لمراحل التطوير وهما : السليكون ذى النسيج (أو الغشاء) المتفرع أو الشجري Dendritic-Web Silicon و Edge-Defined Film-Fed Growth (EFG) of Silicon Ribbon --

والطريقة الأولى : والتي ابتكرتها أو طورتها شركة وستنجهاسوس الأمريكية هي الطريقة الشريطية الوحيدة والتي تنتج حاليا لوح من السليكون أحادي البلورة Single-Crystal وفي هذه العملية تتكون أو تشكل وحدتان من الشجيرات dendrities أحادية البلورة من بذرة أحادية البلورة وتنتشر في الاتجاه الأسفل أى الاتجاه البللورى Crystalline الى مصهور مبرد فوق المادة Supercooled بمعدل سحب الشريط • ويتكون غشاء من السليكون السائل بين الفرعين أو الشجرتين واللذان هما جزء من نفس البلورة • ويتجمد هذا الغشاء بسمك بضعة ملليمترات فوق المصهور بنفس الهياكل التي تتشكل بالشجيرات المتنامية growin - ولضمان النمو المتزن تتكون مجموعات من المستويات الثنائية Twin Planes فى مستوى سطح النسيج أو الغشاء. ولكن مدفونة داخل هذا النسيج أو الغشاء • وسطوح هذه الأنسجة أو الأغشية كلاهما عبارة عن مستويات على شكل بلورات كما هو مبين بالشكل ١ - ٨ • وكمثال لحالة تطبيقية نجد ان اشربة عرضها يتراوح من ٥ - ٦ سم تنمو بمعدل خطي يعادل ١-١٥ سم/دقيقة وبسمك ١٥٠ ميكرون • وكما ورد فى التقارير أنه أمكن انتاج خلايا شمسية منها بكفاءة أعلى من ١٦٪ وتقوم شركة موبيل سولار أنرجى بتطوير عملية EFG منذ أكثر من ١٠ سنوات وهي الطريقة



(شكل ١ - ١٠)

تغير كفاءة الخلايا الشمسية السيليكونية خلال الفترة من
عام ٧٦ حتى عام ١٩٨٤

الشريطية الوحيدة المتاحة على المستوى التجارى حتى عام ١٩٨٥ (على الأقل) • وتقوم هذه الشركة بانتاج من هذه التقنية بمعدل حوالى ٢٠٠ ك • وسنويا • وعملية EFG تعتمد على قوالب شعرية (رقيقة جدا كالشعرات) من الجرافيت المبلى بالسليكون كما هو مبين بالشكل ١ - ٩ • وهذا القالب يغمس فى سيليكون مصهور داخل بوتقة - ولتكن - من الجرافيت • وللبيد فى نمو الشريط توضع بذرة من بللورة الشريط ملاصقة لأعلى القالب المبلى ثم يبدأ السحب واسميا • وكمثال واقعى تسحب شرائط بانساع ١٠ سم - بشكل روتينى باستخدام نظم النمو متعدد القوالب Multiple Die Growth وتمكنت شركة موبيل سولار كذلك من تطوير بديل أو صورة أخرى من عملية FEG والتي أصبحت الاتجاه المفضل لعملية الانتاج • وفى هذه العملية تسمى أنبوبة سليكونية بتسعة (٩) أوجه باستخدام قالب واحد ذى ٩ أوجه ويخلق الشكل Closed-Form ويجرى حاليا سحب المواسير ذات التسعة أوجه هذه - كل وجه طوله ٥ سم - ويطول ٥ مترا أو أكثر ويكتافة سمك يتراوح من ١٥٠ ← ٣٠٠ ميكرون بمعدل نمو growth يتراوح من ٢ ← ٢٥ سم/دقيقة •

وتبلغ متوسط كثافة الخلايا الشمسية باستخدام تقنية شرائط EFG حوالى ١١٪ / واقصى قيمة ١٤٪ • والأبحاث المستقبلية الهامة لنمو الشريط سوف تختص بالتحسين المستمر فى نوعية الألواح Sheets • وأداء الخلية وصولا الى مستوى ١٩٪ / كثافة • وهذا يتطلب تفهما أعمق (أفضل) مع سيطرة على حدود الحبيبات Grain Boundaries والعيوب defects والشوائب • والمشكلة الأساسية التى يجب حلها بهدف تحسين تقنية الشرائط هى (نار الاجهادات/التمددات Stresses/Strains) الحرارية على نوعية الشريط •

تقنية خلايا الغشاء الدقيق : خلايا الغشاء الدقيق الشمسية تسخر الخواص الضوئية لأشباه الموصلات من نوع الاشرطة ذات (القراغات Bandgap المباشرة) ومثل أشباه الموصلات هذه يمكنها امتصاص معظم ضوء الشمس المتاح لتحويله فى كثافة تبلغ ميكرون فقط وهذا خلافا لما فى حالة البللورات السليكونية (وهى نوع من أشباه الموصلات Bandgap غير المباشرة) والتى تتطلب مرآة ضوئية Optical Path طوله حوالى ٢٠ ميكرون لنفس القدرة من امتصاص ضوء الشمس • ويوجد عدد كبير من أشباه الموصلات التى لها اشرطة قرائية Bandgap مباشرة • وخلال السنوات القليلة الماضية برز عدد قليل منها صالح

جدول ١ - ١ : انفصل خلايا بالانشاء المديقي - التسمية ذات

الوصلة الواجهة Single Junction

المادة	المعدل التي تفصلت للموصلات المتعددة	المساحات الكلية (أكبر من ١/٥ مترية	مجموعات البحوث الرئيسية
السليكون غير المتبلور (سيليكونه نحاسي /الديوم) سيليكونوم (سيليكونه كاديوم) /تيلوريدوم)	١٠٪ ← ١١٪ ١٠٪ - ١١٪	٣٧٠٠ سم ^٢ ٩ سم ^٢	أكس من ١٠ يابانيين ، أيريكيين منها ARCO Solar, Boeing, SERI, IEC
جاليوم الانشائية	٩٪ - ١٠٪ متعدد البيلورات	٨٠٠ سم ^٢ ٩ سم ^٢	ماتسوشيتا - كوداك - موتسولار - أركوسولار جامعة سويتون هيثروست
(ذرنيخ)	١٩٪ (CLIEPT)	١ سم ^٢	ممساحل ام . أي . تي - لينكون

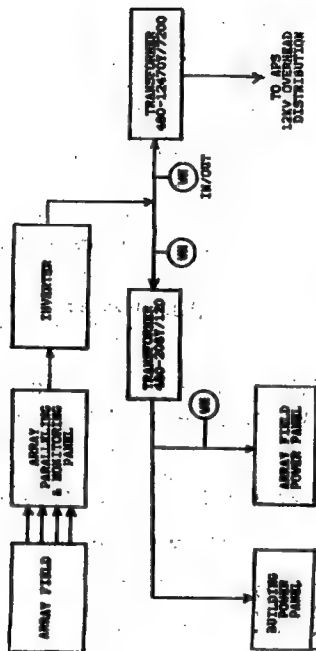
• CLIEPT = Cleavage of Lateral Epitaxial Films for Transfer.

للتنفيذ منها السليكون غير المتبلور من سبيكة نحاس/انديوم/سيلينيوم
Copper Indium diselenide وسبيكة الجاليوم/زرنيخ وسبيكة
الكاديوم/تيلوريوم . ويبين الجدول (١ - ١) الخصائص الهامة لها .

والمواد المشار اليها بالجدول (١) هي أكثر المواد نجاحا بالنسبة
لتقنيات الفشاء الدقيق والجديدة والتي طورت خلال العقد الأخير . ومن
بين هذه المواد نجد أن السليكون غير المتبلور يتمتع بأكثر دعم (مساندة) بما
فيها - وعلى وجه الخصوص المجهود البحثي الكبير في اليابان . وأسباب
جاذبيتها هو النجاح في ترسيبات المساحات الكبيرة باستخدام طرق
التفريغ الوهاج (المتأرجح) - الكفاءات العالية نسبيا - أنها تقنية تعتبر
مألوفة نسبيا - تأسيسا على الخبرة في تقنيات السليكون الأخرى .
ولقد تقلعت تقنية السليكون غير المتبلور بسرعة كبيرة منذ بدأ الأبحاث
فيها حوالي عام ١٩٧٥ وظهر التحسن واضحا في كل من كفاءة المساحات
الصغيرة وحجم الخلية إلا أن أكبر عيوب السليكون غير البلوري هو
الاحباط نتيجة الانارة (الضوء) إلا أنه يبدو أن حسن اختيار المادة مقرونا
باختيار التصميم الملائم للخلية - قد قلل من الاحباط على المدى الطويل
إلى نسبة معقولة . وما زال هنالك مجهودات بحثية كبيرة لحل هذه
المشكلة .

وهناك طراز أخرى من مواد الفشاء الدقيق والتي لها حيتية من
حيث رخص التكلفة وهي أشباه الموصلات ذات الفشاء الدقيق متعدد
البللورات polycrystalline اثنان من أكثرها نجاحا هما سبيكة
النحاس/انديوم/سيلينيوم ومزاياها هي الكفاءة العالية نسبيا - نجاحها
الأصلي في إمكانية صناعتها بمساحات كبيرة وإظهارها الاتزان لفترات
طويلة في ظروف الاضاءة . وعبوبها الرئيسية هي ضالة الجهود البحثية
في مجالاتها والحاجة إلى الوصول بتصنيعها إلى المساحات التجارية
(١٠٠٠ سم^٢ أو أكثر) . والجهود الرئيسية الجارية حاليا في السبيكة
المشار إليها موجهة لتحسين كفاءتها ولتطوير طريقة تجارية - بتكلفة
منخفضة لتصنيعها .

أما سبيكة كاديوم/تيلوريوم فلها تاريخ أطول من السبيكة
السابقة كمادة (سبيكة) مستخدمة في صناعة الخلايا الفوتوفولطية .
ولقد حققت شركة ماتسوشيتا اليابانية نجاحا كبيرا على نطاق تجارى
باستخدام هذه المادة (أو السبيكة) . وميزة هذه هي الكفاءة الجيدة -
ترسيبها في مساحات كبيرة جدا - ونجاح عدد من الوسائل (الطرق)
لتصنيعها بتكلفة منخفضة . وقد يمثل الاتزان مشكلة في استخدام



(شكل ١ - ١١)

شكل مبسّط لتوزيع كهربية مولّد واستغلال طاقة الخلايا الفوتوفولطية .

شبكة الكاديوم/تيلوريوم • وعلى كل فلقد ورد في تقرير من شركة ماتوسوشينا أن أنماطها لم يبدو عليها احباط ظاهر (في الكفاءة) بعد تعريضها للشمس لمدة ٤٠٠ يوم •

ومادة الجاليوم أرسنايد (الزرنيخ) هي مادة من نوع النقرة المباشرة Direct Gap والتي حققت نجاحا كبيرا عند استخدامها في الخلايا الفوتوفولطية • ولقد أظهرت خلايا الجاليوم أرسنايد Ga As أحادية البلورة أعلى الكفاءات (أعلى من ٢٢٪) بالنسبة لأي من الخلايا الشمسية ذات الوصلة الواحدة Single Junction وتعتبر بلورات الجاليوم أرسنايد الأحادية ذات أهمية كبيرة لهياكل المركزات Concentrator Structures • وبالنسبة لتطبيقات المساحات المسطحة الكبيرة ينبغي تصميمها بتكلفة غير باهظة ولتحقيق ذلك هناك اتجاهات هما :

— تنمية ال Ga As متعدد البلورات •

— تنمية ال Ga As أحادي البلورة على طبقات سفلية يكرر استخدامها Reusable Substrates

والطريقة الأخيرة استخدمها معامل أم • أي • تي / لنكون وأنجبت بها خلية ذات كفاءة عالية ويطلق عليها CLIFT

وجدير بالذكر فإن مجموعة أخرى من الباحثين تقوم بإنتاج بلورة أحادية من Ga As على بلورة أحادية من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) ولم ينشر بعد حسب معلومات المحرر — تقارير وافية منها •

خلايا المركزات Concentrator Cells : معظم الخلايا الشمسية تتحسن كفاءة تحويلها ضوء الشمس إلى كهرباء لو تم تركيز الضوء الشمسي عليها بشدة • وفي الحقيقة فإن أعلى كفاءة يمكن قياسها (٢٦٪) لخلية شمسية أحادية الوصل Junction كانت لخلية الجاليوم أرسنايد وحدينا تم قياس الكفاءة ووصلت إلى ٢٢٪ بالنسبة لمركز سليكوني أحادي الوصلة Junction وميزة خلايا المركزات الاقتصادية الرئيسية تأتي من حقيقة أن مساحة كبيرة من ميكانيزم تسليط أو تركيز الضوء على البؤرة Optical-Focusing الرخيص التكلفة يمكنه أن يركز ضوء الشمس على الخلية الشمسية الصغيرة المساحة • لذلك فإن العنصر الضوئي يمكنه أن يحل محل مساحات كبيرة من الخلايا الشمسية عالية الجودة • ومن ثم عالية التكلفة • والخلايا الشمسية المستخدمة في المركزات باهظة التكلفة فهي في المعتاد عبارة عن أدوات (أو دهمت) أحادية البلورة تنمو (نامية) باستخدام طرق أو وسائل غالية التكلفة •

والمطلوب الأول لكل المراكز هو أنها ينبغي أن تقتفى أثر الشمس لتتركز بؤريا Focused أشعتها على الخلية الشمسية والضوء الشمسي المنتشر Diffuse والمتعكس من السحب أو من السماء لا يمكن تركيزه بؤريا Focused بالمعدسات ولا يمكن متاحا لعملية التركيز ويعتبر الاعتماد المتسبب من الفيسوم (السحب) وكذلك انتشار Diffuse ضوء الشمس (حوالى ٢٠٪ من الاجمال) من عيوب نظام المراكز . ونظم المراكز متاحة حاليا على المستوى التجارى وتوجه مؤسسات كبيرة تقوم بانتاجها (حتى بضعة ميجاوات) .

٢٠ انتاج الخلايا الفوتوفولطية والأنماط المجازة Modules فى الدول النامية

تنطوى الطاقة المتجددة على بعض الأمال لمقابلة الاحتياجات من الطاقة لتخفيف النزيف الاقتصادى للدول النامية . ولقد اعترف العالم بأن استغلال المصادر المتجددة - يعتبر حلا مطاذا لتحقيق التنمية - وخاصة فى الاقاليم والريف - للدول النامية . وقامت الأمم المتحدة بتنفيذ عدة برامج فى هذه الدول والتي كانت ناجحة لحد كبير كهف الا ان هذه البرامج يبدو أنها - قد ضاع منها الطريق (كما يقول المصاهر كاتل الشناوى) لتحقيق الفائدة - المرجوة من الطاقة المتجددة - على المدى الطويل . فالتألبية الضخمة من هذه الدول (النامية) - وحيث ينبغي اقامة مشروعات الطاقة المتجددة - لم يكن فى استطاعتها شراء ما يكفى من هذه النظم لمقابلة - حتى - القدر اليسير من احتياجاتها . وكان المطلوب هو اقامة قاعدة لطريقة تزويد البلاد ببعض الصائت المادى لاستثماراتهم فى هذه المشروعات مع تطوير « بنية أساسية اقتصادية » لها وهذه الأخيرة يمكن اقامتها بوسائل (بطرق) مختلفة . لعل أوضحها هو استغلال مصادر الطاقة المتجددة بشكل - أو أسلوب - صناعى - بحيث يمكنها تحمل تكلفة انشائها . وهذه أخذها - العديد من الدول - فى الاعتبار - منذ عهد قريب جدا والتي تملك قاعدة صناعية ملائمة . وهناك طريقة أخرى لاقامة هذه البنية الاقتصادية هي أن تقوم البلد بصناعة منتجاتها وبالتالي تصدير جزء من هذه المنتجات الى السوق العالمية . وهذا الاتجاه الأخير هو أكثر الاتجاهات قبولا لدى الدول النامية وعلى الأخص تلك البلاد والتي تملك قاعدة من الخبرة الصناعية وتطوير المنتجات - وتعتبر الخلايا الفوتوفولطية واحدة من مصناعات الطاقة المتجددة تتميز بدرجة ثقة عالية مع فعالية فى مجالات التطبيق هذه الفعالية مقرونة بجاذبية الاتجاه التقنى (الفنى) العالى . وحقيقة ان غالبية الدول النامية تقع - جغرافيا - فى مناطق تتوافر فيها أشعة

الشمس معظم فترات السنة • كل ذلك أدى الى أن تكون تقنية الخلايا الفوتوفولطية في مقدمة اهتمامات الدول النامية • وفلا تحققت الأمم المتحدة من ذلك عام ١٩٨٠ وبدأت عمل دراسة لاختيار جدوى إقامة وسائل لبحوث « للخلايا الفوتوفولطية » في إحدى هذه الدول وقصلاً تم تمويله وجارى حالياً •

الاتجاهات المختلفة لصناعة الخلايا الفوتوفولطية : يمكن تحقيق ذلك بوسائل متعددة :

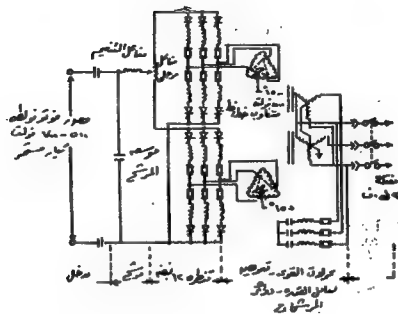
الأولى : أن تقوم شركة أو مؤسسة صناعية بإقامة صناعة الخلايا الفوتوفولطية •

والثانية : أن تقوم الدولة بشراء المهمات والتقنية وتقوم بالانتاج لحسابها •

وكلا الاتجاهات يقتضيان للدولة عائداً هي في أشد الحاجة اليه لبناء قاعدتها الاقتصادية وطبعاً لكلاهما مزاياه وعيوبه • فبالنسبة للاتجاه (أو الخيار) الأول فيمكن تنفيذه أما من خلال تعاقد للتشغيل أو إعادة كاملة للمنظومة عملية التشغيل • والأولى (التعاقد للتشغيل) هي الأكثر شيوعاً حيث تمنح أجازة (ترخيص) من الصانع يسمح بموجبها للتعاقد أن يقوم بالانتاج لفترة طويلة وقد يمكن - تحت شروط التعاقد - أن تجدول أقساط الإشتهاار الأصل لتتدفق على مدى طويل أى رئيسه شروط الدفع • وبالنسبة للخيار الثاني (صناعة تسليم مفتاح مع نقل التكنولوجيا) فهو يبدل أكثر جاذبية على الرغم من انطوائه على درجة مخاطرة أكبر في أثناء مراحل التشغيل الأولى إلا أنه يمكن التغلب على ذلك بإقامة برامج تدريبية جيدة والمزايا الأخرى واضحة وتتبع من حقيقة أن الصناعة المحلية لهذه المنتجات سوف لا تتنافس مع الشركة الأم (حيث غنى أغلب الأحيان لا تسمح الشركة الأم للصناعة المحلية بمنافستها في الأسواق العالمية بل غالباً ما تنص على تسويقها في سوقها المحلي فقط) كذلك فإن الدولة - المستضيفة لهذه التقنية - غير مقيدة بهذه التقنية فقط بل أن الباب أمامها متسع لترتيبات إمكانية نقل تقنية أخرى جديدة مستقبلية •

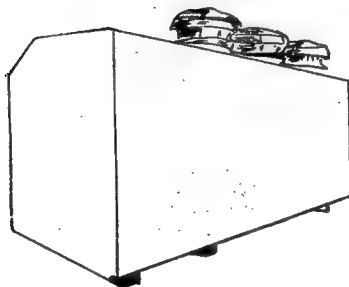
توصيل الخلايا الفوتوفولطية بالشبكات الكهربائية

بالنسبة لتوصيل محطات الخلايا الفوتوفولطية الى الشبكات الكهربائية فإن معامل السعة السنوى Annual Capacity Factor لا يعطى



(شكل ١ - ١٢)

مقوم مكسي ١٢



(شكل ١ - ١٣)

الشكل الخارجي: مقوم مكسي ١٢ نبضة قلوة ٧٥٠ ك. و .

تمثيلا دقيقا لأداء النظام فاناحية ضوء الشمس بطبيعته لابد وأن يكون متغيرا - بخلاف مصادر الوقود التقليدية - ومن الأهمية بمكان اعتبار أن أداء المحطات الفوتوفولطية على أساس شهري .

ومعاملات السعة السنوية المنخفضة ليست محفلا أساسيا إذا كانت الاناحية عالية عندما يكون حمل المؤسسة الكهربائية أعلى ما يمكن فالطبيعة النقطية Modular Nature للخلايا الفوتوفولطية تسمح بتوليد الكهرباء حتى قبل الانتهاء من بناء المحطة ومن ثم تخفيض التكاليف التمويلية .

والمقصود بمعامل السعة بأنه نسبة الطاقة المولدة فعلا خلال فترة ما إلى الطاقة التي يمكن أن تكون متاحة لو كانت المحطة عند أقصى إنتاج إجمالي لها خلال هذه الفترة . ولأن معظم الخلايا الفوتوفولطية لها الخصائص التالية :

- انخفاض كثافة القدرة المولدة لكل وحدة مساحة .
- غير قابلة للسيطرة أو التحكم .

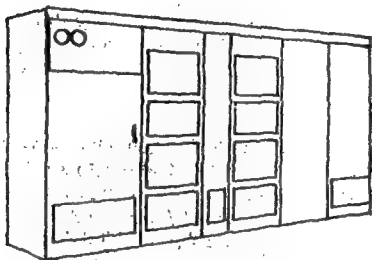
Unstable in quality غير متزنة من حيث النوعية

لذلك تأخر استغلالها في توليد الطاقة لتغذية الشبكات الكهربائية .

ومعظم المشترين الأكثر احتمالا مستقبليا لنظم الخلايا الفوتوفولطية يبدو أنهم يؤسسون قراهم لشرائها تأسيسا على اقتصاديات « الوفرة في الطاقة » المتوقع . ويتضمن ذلك تقدير كمية الوفرة في الطاقة خلال العمر الافتراضي للنظام وحساب المعدل المقابل للعائد Rate of Return على الاستثمار - التدفق النقدي خلال دورة العمر الافتراضي - أو فترة استرداد رأس المال . أما العملاء التجاريين والصناعيين الكبار فاضافة إلى ذلك فهم يهتمون باقتصاديات القدرة (وليست الطاقة Power Economics Demand Charges فهؤلاء العملاء يدفعون لشركة توزيع الكهرباء مبلغا يتناسب مع أعلى ذروة للطلب خلال فترة محددة ولتكن شهر مثلا .

فلو أمكن لنظام الخلايا الفوتوفولطية تخفيض (شطف) ذروة الطلب (حمل الحمل) فهذا من شأنه اقتصاد (توفير) نسبة من المبلغ المدفوع عن أعلى ذروة للطلب . ومن ثم يسهم في الاقتصاد الشامل . وتهتم مؤسسات الكهرباء - ليست الاقتصاد في الطاقة وكذلك تخفيض

(شتظف) ذروة الأحمال فحسب يل تهتم كذلك بنوعية الخدمة تحقق
 Injected فى شبكتها الكهربائية - بسلامة ما لكن نظم الخلايا
 الفوتوفولطية - رجال الصيانة الذين يعملون على الخطوط الكهربائية
 ومهمات المحطات الفرعية المتصلة بنظم الخلايا الفوتوفولطية الموزعة -
 بالاستقرار الديناميكي للنظام الكهربى الشامل (عدم توازن أو تساوى
 زوايا الأطوار Phase Unbalance - السيطرة على التردد - احتمال فقد
 الحمل ... الخ) •



(شكل ١ - ١٤)

الشكل الخارجى لختم فوتوفولطى - عكس - بقعة تم • و

وكذلك بتخطيط أفضل توليفة من الوحدات للتوليد الاقتصادى
 Optimum Dispatch Commitment of Generation Units.

والبنسبة الأخير يتضمن التنبؤ بالبروفيل المتوقع لنظم
 الخلايا الفوتوفولطية - الجزء من الخرج الكهربى Electrical Output
 الذى يعتمد على حالة الطقس - حساب التكاليف المجنية Avoided Costs
 (التى يمكن قفادها) نتيجة عدم اشغال وحدات توليد تقليدية لانتاج
 هذا الخرج •

وبالنسبة لمؤسسات الكهرباء فقبل اتخاذ قرار نهائى بشأن ادخال
 الخلايا الفوتوفولطية الى نظامها الكهربى ينبغى لها اجراء دراسة واقية
 أو القيام بالأعمال التالية :

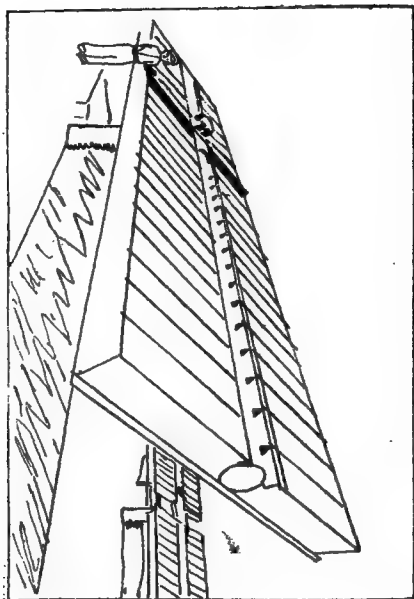
١ - **الاقتصاد في الطاقة :** كما ذكرنا فان هذا هو الدافع الاساسي للمستفيدين من الطاقة الكهربائية عامة وطبيعى - بالنسبة للمستفيد - لا معنى لتكوين نظام فوتوفولطى كبير والذي ينتج قدرة أكثر من الاحتياجات الحالية حيث أن القدرة الزائدة يمكن أن تباع الى مؤسسة الكهرباء - وفى المصادة بسعر أقل من السعر (القطاى) للكهرباء ولنضرب مثلا على ذلك احدى الشركات ببيع الكهرباء للمستفيدين بالقطاع الصناعى والتجارى بسعر يتراوح من ١٠٠ ← ١١٥ وحدة فيمكن أن يكون السعر بالتجزئة يتراوح ما بين ٧٠ ← ١٢٠ وحدة . مثلا . وجدير بالذكر فان القوانين الأمريكية تحتم على مؤسسات الكهرباء شراء القدرة المشتركة Cogenerated Power من مصادر توليدها. المتناثرة بسعر يعادل القيمة الكاملة للتكلفة المجنبه Avoided Costs ومنفرد

مثال :

إذا كان أحد المنازل المزودة بنظام الخلايا الفوتوفولطية والتقنية على أساس ٤ ك . و (تيار مستقر) . وهذه الخلايا قامت بتوليد متوسط طاقة سنوى للمنزل يعادل ٤٢٥٢ ك . و . س (تيار متناوب) / سنة . أى متوسط ٣٥٤ ك . و . و س / شهر . وإذا كان هذا المنزل لا يستخدم أو غير مشغول طوال العام ومن ثم لا يعتبر حاسبة تطبيقية أو مثالية . للأعمال المنزلية ولكن المنازل المقامة بنفس الطريقة يمكن أن تتوقع استهلاكها لها يعادل ٨٠٠ ك . و . س / شهر على مدار العام (هذه المنازل تمثل الانشاءات مستقبلا وهى منشأة بعايير ترشيدية (للطاقة) عالية وبافتراض أن كل القدرة المولدة من الخلايا الفوتوفولطية تستخدم بالكامل داخل المنزل وبسعر ١٠٠ وحدة ، فمعنى ذلك أن نظام الخلايا الفوتوفولطية سوف يحل محل ٤٤٪ ($100 \times 354 / 800$) من الحمل الكهربى للمنزل ويوفر بالتالى ٤٤ وحدة نقدية شهريا أى ٥٢٨ وحدة فى السنة . وإذا أجرينا تحليل للتكلفة على مدار العمر الافتراضى لهذه الخلايا Life Cycle Cost Analysis وبأسعار القروض أنها فى تزايد . مستفيض الزاى الاقتصادية بشكل الفضل .

٢ - شطك - أو خفض حمل (قدرة) الدروة - واقتصاديات النظام الكهربى :

التكلفة الحدية Marginal Cost للكهرباء تكون أعلى ما يمكن أثناء فترات ذرى الأحمال وأقلها عند فترات الحمل الأدنى وكلما زاد التطابق.



(شكل ١٥ - ١)
مقطع خارجي لسقف مطبوخة

يُنتج نظم الخلايا الفوتوفولطية مع فترات ذروة الأحمال كلما زادت -
التكلفة المجنية Avoided Cost ومن ثم زاد الوفر (الاقتصاد) لصالح
النظام الكهربى ويمكن أن يعود هذا الوفر على كل المستخدمين أو العملاء .
والعكس صحيح عندما يتطابق انتاجها من فترات الحمل الأدنى حيث أن
التكلفة المجنية تعكس فقط النفقات المخفضة لوحدة توليد الأساس
وهذا فى حد ذاته (فى هذه الحالة) له تأثير سلبي على أرباح المؤسسة
حيث يقل مبيعاتها أثناء فترة الحمل الأدنى ومن ثم الدخل (علما بأن
سعر البيع للعديد من المستخدمين - وعلى الأخص القطاع المنزلى -
غالباً ما يكون) بنفس المعدل بصرف النظر عن فترات استهلاكهم لهذه
الأحمال (بنسبة لا تتوافق مع الوفر فى النفقات) هذا الوفر يكون
بسيطاً حيث يقع فى فترة الحمل الأدنى حيث تقل مصروفات وحدات
الأساس) وهذا يفسر لنا سبب اعتراض بعض مؤسسات الكهرباء
لاستراتيجيات الترشيد . ولكن لحسن الحظ يبدو أن انتاج نظم الخلايا
الفوتوفولطية يسهم بقدر كبير من المشاركة أثناء فترات ذروة الأحمال فى
كثير من البلاد وقد يكون زيادة درجة التطابق فى التوقيت بتغير -
أو ازاحة - التوجيه السمتى Azimuthal للنماذج (أنماط)
التقليدية للخلايا الفوتوفولطية غرباً أو شرقاً وفقاً للحالة .

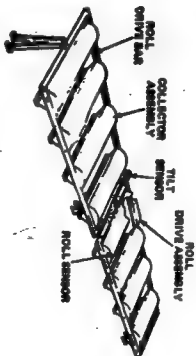
٣ - المستوى النسوى للقدرة المضافة (التى تعطن) الى الشبكة الكهربائية :

تطرح مؤسسات الكهرباء فى مواصفاتها الخاصة مجموعة النقائات
(التجاوزات Tolerances) للعديد من معايير نوعية القدرة فى
مواصفاتها لنظم الخلايا الفوتوفولطية الخاصة بالمنازل والمتاجر . فمثلا
فى هذه النظم فإن المجموعات الفرعية لتعديل القدرة Power
Conditioning Subsyet (PCS) للتحويل من التيار المستمر (الذى
تولده هذه الخلايا) الى التيار المتناوب - وتزويد نظم تحكم اضافية لفصلها
من الشبكة عندما تتعدى الحدود المسموح بها - فى كل من التردد والجهد
الكهربى . وتزود مؤسسات الكهرباء خطوط الربط لهذه النظم
بالشبكة - بوقايات اضافية عبارة عن لاقطات (ريلات Relays)
التردد والجهد الكهربى تركيب جهة (على ناحية) مؤسسة الكهرباء
لمجموعة تعديل القدرة (PCS) كذلك توضع أجهزة لمراقبة القدرة غير
الفعالة Reactive Power ومراجعة التشويه التوافقى الناتج عن وجود
مركبات توافقية فى موجة الجهد الكهربى Harmonic Distortion .
وفى دراسة قامت بها هيئة الكهرباء لولاية تينيسى (TVA) الأمريكية

2nd GENERATION MODULES



MARTIN MARIETTA
2ND GENERATION FEDERAL



SYSTEMS
SUPPORT/NAME

(١٩ - ١)

البرامج (طرازات) المصنعات التي تمولها الشركة

الشهرة بينت أن الإجمالي للتشوهات التوافقية الناتج أو المصاحب لنظم الخلايا الفوتوفولطية والتي تستخدم نظم القطع ذات التردد المالى
Sine Wave Inverters - محولات الموجة الجيبية

ليست أسوء من تلك المولدة عن الاستخدامات الكهربائية الشائعة (مثل
الترانزيستور و مراوح الشبكات) • كما أظهرت هذه الدراسات
Total Harmonic Distortion أن إجمالي التشوهات التوافقية
هى - لحد ما - (أو تتوقف على كل من :

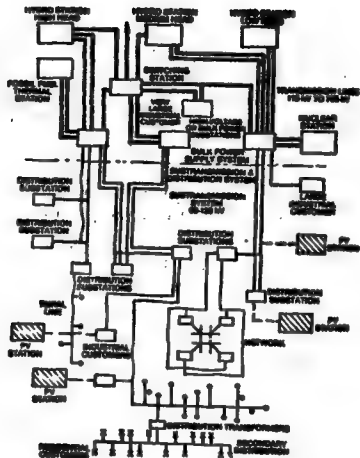
- نسبة تحميل مغذى التوزيع المحلى
Local Distribution Feeder
- طبيعة معاوقة الحمل
Load Impedence

ولكنها (لاتعتمد على) الآثار المنتجة بالتأثير أو الحث
Induced effects من نظم الخلايا الفوتوفولطية •

٤ - سلامة الخطوط والمعدات : أهم ما ينبغى ملاحظته هو فصل
تغذية نظم الفوتوفولطية - أليا - عند ضياع إشارة مؤسسة الكهرباء
Utility Signal وذلك لمنع تغذية الخط Energizing أثناء قيام
عمال الصيانة بالخطوط عليه أو أى من مكونات المحطة الفرعية •
وهناك تساؤل مازال يحتاج لمزيد من البحث للإجابة عليه وهو
هل يمكن لمجموعة من نظم الخلايا الفوتوفولطية المتقاربة Proximate
كهربائيا أن تخذع أحدهما الآخرين بأن توهمهم بعدم ضياع إشارة
مؤسسة الكهرباء - عند حدوث الضياع فعلا - وبالتالي تظل أو مربوطة
بالخط ؟ وبالنسبة لهذا التساؤل تقوم مؤسسة TVA الأمريكية
بالدراسات اللازمة للرد عليه • وحسب معلومات كاتب المقال لم ينشر
بعد شيء عن هذه الدراسة •

٥ - الاتزان الديناميكي للنظام الكهربى : قامت كل من وزارة
الطاقة الأمريكية ومؤسسة TVA بدراسة تحليلية موسعة لآثر
إضافة نسبة كبيرة (حتى ٣٠٪ من اجمالى التوليد) من المصادر المتناثرة
للنظام الكهربى Dispersed Generation Sources (DGS) على الاتزان
الديناميكي وتضمنت خلاصة الدراسة الملاحظات التالية :

- يمكن - بشكل عام - احماس وحدات التوليد المتناثرة مع النظام
الكهربى لمؤسسة TVA دون تأثير على تكامل النظام (تماسك)
System Integrity • وعلى كل فقد ورد فى تقرير الدراسة أنه

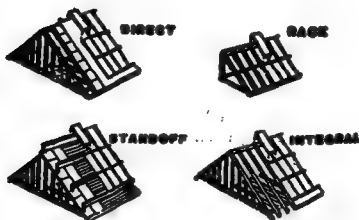


(شكل ١ - ١٧)

مواقع المحطة الفرعية داخل شبكة التوزيع الكهربائية •

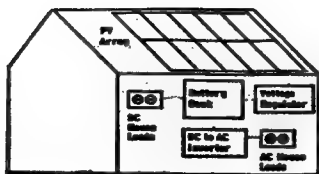
• يوصى بالا تزيد نسبة وحدات المصادر المتناثرة عن ١٥٪ من اجمالي سعة التوليد في النظام ضمانا لحسن أداء نظم التحكم في تردد النظام الكهربى •

– تم تمثيل دراسات تدفق القدرة (سريان الاحمال) والتي فيها تم السماح بخفض ٢٠٪ من سعة الوحدات المتناثرة لفترة زمنية قصيرة ومنها تقرير أن النظام الكهربى (والذي يتبع Follows) الحمل من خلال مولدات كهرومائية سريعة الاستجابة) يمكن أن يضبط نفسه دون فقد للاتزان • وينبغى أن نشير هنا الى أن امكانية (استطاعة) تغطية النظام لقدر من الحمل الكهربى يتوقف على كل من : مزيج وحدات التوليد – بروفيل الحمل – سياسة التزام كل وحدة توليد Unit Commitment وخلاصة هذه الضرورة لاتنطبق – بالضرورة – على النظم الكهربائية فى جميع المؤسسات (على الرغم من أن الطرق المستخدمة فى الأبحاث تنطبق) • وفى بعض حالات الدراسة اقتضى الأمر إعادة – أو مراجعة – تصميم نظم التوزيع الكهربائية كضرورة لضم الوحدات المتناثرة الى شبكة النظام وهذه التعديلات وردت فى تقرير الدراسة • كما ناقش التقرير كذلك بعض مؤشرات النوعية الأخرى مثل : التحكم فى الجهد والقدرة غير الفعالة – الدوائر المنطقية لأجهزة التمامات Relay Logics لبدء التشغيل والإيقاف • الخ •



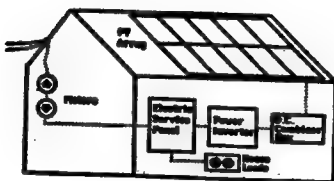
(شكل ١ - ١٨)

طرق تركيب صغونات الخلايا الفوتوفولطية .



(شكل ١ - ١)

حالة واقعية للنظام الترد



(شكل ٢ - ١)

حالة واقعية لنظام تفاعل

الا ان أحد التساؤلات الكبرى والذي لم تحدد اجابته بعد وهو
 « احتمالات وآثار حالات عدم توازن الأوجه أو الأطوار 3-Ph. Unbalance
 طويلة المدى - في نظام الثلاثة أوجه مع توصيل الوحدات المتناثرة غير
 الأوجه المختلفة » . فإوضاع عدم التوازن بين الأوجه يمكن أن يتسبب في
 تيارات كبيرة تسرى في نقط - أو موصلات التبادل neutral currents
 مسببة في تباين كبير بين الجهود الكهربائية للأوجه وهذا قد يؤدي الى
 حدوث انهيارات في كل من المعدات الميكانيكية والالكترونية .

النظم المعاونة (الفرعية) لتعديل التيار لمحطات التوليد الفوتوفولطية المركزية - التقنية والأداء

- وضعت وزارة الطاقة الأمريكية - قسم الخلايا الفوتوفولطية -
 خلال خطتها الخمسية (١٩٨٤/١٩٨٩) برنامجا بحثيا يستهدف
 الوصول الى نظام معاون لتعديل التيار لمحطات التوليد المركزية
 Central Station Power Conditioning Subsystem "CS-PCS"
 بكفاءة ٩٨٪ والذي يتكلف - في الانتاج الكلى - ما يعادل ٠.٧ دولار
 لكل وات . وتحقيق هذا الهدف سوف يساعد القوى الفوتوفولطية لتكون
 منافسة - من الناحية الاقتصادية - لمصادر التقليدية لتوليد الكهرباء .

- ومحطة التوليد الفوتوفولطية المركزية هي محطة متفاعلة
 Interactive مع مؤسسة الكهرباء ومن نظم التوليد المتناثرة
 Dispersed Generation لذا لكي تفهم المتطلبات التصميمية للنظم
 "CS-PCS" ينبغي مراجعة المتطلبات الفنية للنظم الفوتوفولطية
 المتفاعلة مع مؤسسة الكهرباء ونظمها المعاونة . والنظم الفوتوفولطية
 المتفاعلة مع مؤسسة الكهرباء تتكون من مجموعة (تشكيلة) من
 النظم الفرعية :

- المنظومة الفرعية لمصفوفة الخلايا الفوتوفولطية .

- منظومة فرعية لتعديل التيار PCS

- منظومة فرعية للربط بشبكة مؤسسة الكهرباء (النظام
 الكهربى) .

- منظومة فرعية للتحكم .

وتقوم المنظومة الفرعية لمصفوفات الخلايا الفوتوفولطية بتحويل الطاقة الشمسية الى تيار مستمر حيث تسلم هذه القدرة الى المنظومة الفرعية لتعديل التيار PCS خلال أقران التيار المستمر DC. Interface. كذلك تقوم المنظومة الفرعية لمصفوفة الخلايا الفوتوفولطية بالتزويد بالوقاية والعزل الكهربى - الضرورى - ما بين PV والمصفوفة .

وقد تحتوى على أجهزة تجارب لمراقبة أداء المصفوفة . وتقوم المنظومة الفرعية للربط بالشبكة - من خلال أقران التيار المتناوب مع PCS بعملية التوافق Synchronization مع الشبكة وكذلك - عند الضرورة - تعمل لعزل نظام الخلايا الفوتوفولطية - كهربائيا - عن الشبكة وتتنبا (ترى مسبقا) المنظومة الفرعية للتحكم - والتي تعمل من خلال PCS - بأداء نظم الخلايا الفوتوفولطية المتكامل . كما أنها تمكن من التنسيق الشامل للوقاية للنظام والاتصال لاستحواذ البيانات مع مركز التحكم للشبكة . وعند الرغبة تقوم بتزويد المعلومات وحلقة التغذية العكسية Feedback Loop مع مصفوفة الخلايا الفوتوفولطية . وفي المحطات الفوتوفولطية المركزية يمكن أن تقوم PCS بتجهيز الأوامر التشغيلية الصادرة من مركز تحكم الشبكة .

وعند عمله تقوم PCS بالأعمال التالية :

- تحويل القدرة من التيار المستمر الى تيار متناوب .
- تعمل على استخلاص أقصى كمية ممكنة من القدرة - من مصفوفة الخلايا الفوتوفولطية فى الظروف البيئية المحيطة .
- توليف التردد وزاوية الطور (الوجه) للجهد وفقا لرغبة مؤسسة الكهرباء .
- التزويد بالوقاية اللازمة - ليس للمكونات الداخلية فحسب - بل، المهمات خارج الـ PCS ولتحقيق التوافق المتكامل لنظم الخلايا الفوتوفولطية مع الشبكة الكهربائية فينبغى أن يكون تصميم PCS يلائم النطاق (المدى) الديناميكي للتفاعلات بين نظام الخلايا الفوتوفولطية والشبكة والذي يتأثر نتيجة التغيرات فى كل من ظروف الشبكة والمخرج Output من مصفوفة الخلايا . ويتطلب الربط الآمن والمناسب لمنظومات الخلايا الفوتوفولطية الفرعية ليس تشخيص المحددات الوظيفية المتبادلة Mutual Functional Constraints بل نعرف كيفية اختيار أو تصميم نظم الخلايا الفوتوفولطية فى نطاق (خلال) هذه المحددات . لذلك فإن هذه المحددات لها أهمية فى

اختيار وتقييم PCS المناسب لنظم الخلايا الفوتوفولطية للمحطات المركزية .

فرص للتصميمات الجديدة : لحسن الحظ جاء الابتكار الفنى فى PCS فى الوقت المناسب تماما ألا وهو ابتكار وتطوير الثايراستور الكبير (أحجام تصل الى مستوى ١٠٠ ميجوات) من النوع (GTO) Gate Turn Off ومهمات التشغيل والفصل Switching السريعة وفتح هذا التطوير الباب لإتجاهات جديدة لانتاج PCSs كبيرة - ومقبولة اقتصاديا - لتطبيقات نظم الخلايا الفوتوفولطية . وهذه الوحدات الكبيرة أعطت الأمل للصناع الأمريكيين للوصول الى الاهداف التى حددتها وزارة الطاقة الأمريكية . والثايراستور من نوع GTO - كهومات متقدمة تقنيا - متاحة على نطاق تجارى فى اليابان (وأن لم تنتج بعد فى الولايات المتحدة الأمريكية حتى عام ١٩٨٥ على الأقل) وفلا يقوم اليابانيون بإنتاج وحدات لتعديل القدرة (من تيار مستمر الى متناوب) من الحجم الكبير (عدة ميجوات) باستخدام تقنية GTO ويعترف الأمريكيون بتخلفهم - بالنسبة لليابان فى صناعة وتطبيقات GTO له الموصلات لأغراض القوى عامة . علاوة على ذلك هناك أداة جديدة تسمى Static Induction Thyristor (SIT) (ثايراستور الحث الاستاتيكي) والذي يقدم لنا فرص جديدة للأجيال القادمة من أجهزة تعديل القدرة PCSs . خلاصة القول نقول أن الأنواع الجديدة من أشباه الموصلات مثل GTO & SIT هي تقنيات واعدة وتعطى الأمل وتفتح الآمال لصناعة أجهزة تعديل القدرة PCSs بتكلفة منخفضة مع تحسين فى تكلفة الطاقة للمصلا . هناك تقنية أخرى وهي تقنية Pulse Width Modulation-PWM والخاصة بنظم تعديل القدرة الكبيرة والتي لم يتم تنفيذها (حسب معلومات الكاتب) وينبى فحصها بالنسبة لاستخدامها فى PCSs . وفى هذه التقنية يجعل الحاجة لترشيح الخرج Filtering the Output لنظم PCSs أقل ما يمكن من شأنه دعم التكامل لهذا النظام وتحريره من أسباب التعطل Trouble Free وباستخدام مثل هذه النظم PCSs سيكون هامش الاتزان لحلقة النظام اعلى ما يمكن وسيكون من شأن امكانية تحقيق PCS ذات تكلفة مقبولة مقرونا بسجل يخلو من مشاكل التشغيل لهذه النظم - زيادة اهتمام مؤسسات الكهرباء لاستخدام نظام الخلايا الفوتوفولطية كما ستزبد بالتالى من مبيعات عالميا .

RESEARCH - The study, published in the journal *Journal of Interpersonal Violence*, found that 10% of men who had been in a relationship with a woman who had been sexually abused by a partner in the past, had been sexually abused by a partner in the past.

WELFARE - THE QUALITY CONSULTING ENVIRONMENTALLY PROTECTING SOCIETY OF SOUTH OIL SPRING AND OTHER ENVIRONMENTAL GROUPS OF TULSA, OKLAHOMA, STRONG TO GROWTHY MARKET-DRIVEN FROM LOCAL INDUSTRY.

NOTE - A DISCUSSION OF THE USES OF INFORMATION IN PERSONNEL RECORDS, INCLUDING THE PROVISIONS OF THE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION, WILL BE HELD AT THE NATIONAL ARCHIVES, COLLEGE PARK, MARYLAND, ON WEDNESDAY, APRIL 26, 1978, FROM 9:00 AM TO 12:00 PM.

ABSTRACT - A transversally stiffened, tubular, V or inverted V profile with a slotted structure and longitudinal members, welded transversal contact, and steel components, as designed, to form a ductile-collapse-form-resistant joint.

REPRODUCTION OF THIS MESSAGE - AN ADVISORY ON AUTHORITY TO REPRODUCE THIS MESSAGE - IS NOT A GUARANTEE OF THE ACCURACY OF THE INFORMATION CONTAINED HEREIN. THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS FOR YOUR INFORMATION ONLY. IT IS NOT TO BE USED FOR ANY OTHER PURPOSE.

DISPATCH VARIATIONS REPORT - generates listing of the original and revised messages to the dispatch center from the dispatch-client system.

**REPORT ON THE PAST YEAR - CONDUCT CONCERNS AT THREE
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION AND THE POLICE DEPT.
THROUGH UNIT ON DIRECT-CLERK UTILIZATION PROGRAM**

EMERGENCY TROUBLE UNIT - Replaces unit used to ground voltage. Used to eliminate or reduce electrical safety hazards in a power conditioning unit in an event the main

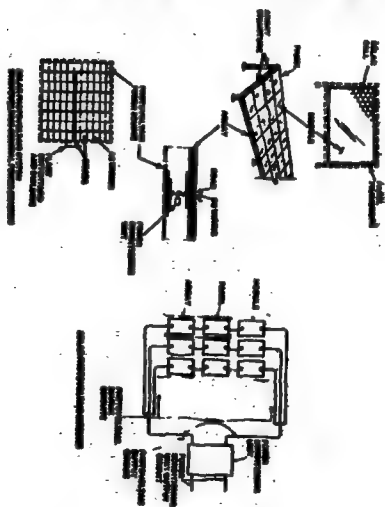
HOW DO YOU KNOW YOUR CUSTOMER IS GETTING THE MOST OUT OF A FIRST-CUSTOMER REPORT TO AN ALTERNATIVE-CUSTOMER OUTPUT?

THE POWER OF THE FUTURE IS HERE AND THE CONNECTION TO YOUR BUSINESS IS NOW.

Electrical Engineering - In 1974, engineering and the other fields of electrical engineering were merged into a new school of electrical and computer studies. Under the new curriculum, students are required to take a minimum of 120 credit hours to earn a B.S. degree in electrical engineering. The curriculum is designed to provide a strong foundation in the basic sciences and engineering, with a focus on the design and analysis of electrical systems. The program includes courses in circuit theory, digital logic, microprocessors, and control systems. Students are also required to complete a senior design project, which is a significant component of the program. The program is accredited by the Engineering Council of the United Kingdom and the American Society of Mechanical Engineers (ASME).

ENLIGHTENED SYSTEMS, A SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM THAT SAVES IN INITIALS, PAY AND MAY BE DESIGNED TO DELIVER POWER TO ANOTHER ELECTRIC POWER PRODUCTION SOURCE.

needed to be used **LOAD** FOR THE PURPOSE OF THE OPERATION. AN ENERGY STORAGE ELEMENT OF A SOLID STATE BATTERY, SUCH AS A BATTERY ENERGY STORAGE ELEMENT, CAN BE USED FOR THE OPERATION.



(71-1) جی

بيان مكونات ووظيفة كل عنصر - في العملية التحفيزية
(التسمية أو التوضيح)

استقرار المستقبل لصناعة الخلايا الفوتوفولطية في القرن الحادى والعشرين

– بنهاية هذا القرن سيتسع استخدام المعدات أو الآلات الشمس كهربية والتي تستخدم خلايا الفشاء الدقيق الفوتوفولطية • ويجدير بالذكر أن أول محطة كهربية – على مستوى الميجاوات والتي تعمل بالخلايا الفوتوفولطية بدأت العمل عام ١٩٨٢ لحساب شركة أديسون لجنوب كاليفورنيا وتنتج هذه المحطة ٩٥٪ (عام ١٩٨٥) من قدرتها الأصلية •

– وسيناريو الطاقة عام ٢٠٠٠ : المتوقع أن تزيد الضغوط على صناعة الطاقة للحد من استهلاك (أو حرق) أنواع الوقود الحفرية •

كذلك سيدخل الخدمة نوعيات من بطاريات التخزين أفضل وعلى شكل بطاريات محسنة بدرجة كبيرة قبل بداية القرن الحادى والعشرين • ولاشك فإن استخدام محطات الدورة المركبة – والتي تولد كلا من الحرارة المفيدة والطاقة الكهربية في نفس الوقت سيكون شائعاً والاتجاه الى استغلال أفضل للآلات الحرارية زائد استخدام الآلات الموزولة ذات الحرارة العالية والتي تستخدم أجزاء مصنعة من السيراميك ستساعد على تحريك الوقود المحترق قريباً من مستفدى الطاقة الحرارية والكهربائية • وهذا الاتجاه يماكس – على طول الخط – الاتجاه الخاص بعزل المحطات النووية فى مواقع نائية وسيصبح الفحم والغاز الطبيعي هما أنواع الوقود المفضلة بالنسبة لمحطات التوليد التقليدية عام ٢٠٠٠ ولكن مستستقل حرارة العادم أثناء توليد الكهرباء • وبحلول عام ٢٠٠٠ فإن استخدام نظم الحرق التطبيقية للفحم والتي تستخدم المهد المميعة والمحول الحفاز Catalytic Converter سيكون من شأنه زيادة الإقبال على النظم وسوف تقام (تركيب) مولدات للقدرة المشتركة Cogenerators صغيرة الحجم والتي يمكنها حرق الفحم قريبة من المواقع السكانية وستوصل هذه المحطات الصغيرة بالشبكة الكهربائية وسوف تلجأ بعض الحكومات لإصدار التشريعات التى تمنع حرق الوقود الحفرى دون استغلال (بدرجة عالية) لكل من الطاقة الكهربائية والحرارية أما أنواع الوقود السائل (مثل الجازولين والديزل) سوف تختزن لاستخدامها فى النقل (السيارات والطائرات ••• الخ) وفى المنتجات الكيماوية • بل يمكن أن يشهد أوائل القرن الحادى والعشرين عودة قاطرات السكك الحديدية التى تعمل بالفحم فى العديد من الدول (بما فيها الولايات

المتحدة) حيث أن الفحم ينقل داخليا - بريرا - بالقطارات فماذا يمنع
اذن من استخدام الفحم لتشغيل القطارات ؟ *

وبالنسبة للخلايا الشمسية : ففي خلال العشرين سنة الماضية
انتقلت تقنية الخلايا الفوتوفولطية من تجارب صغيرة الى محطات سمعتها
تقدر بالميجاوات يمكن تركيبها (انشاساؤها) في أقل من عام واحد .
وخلال هذه العشرين سنة الماضية حاولت صناعة الكهرباء - وفشلت
لحد كبير - في التنبؤ بإمكان (موقع) وقيمة الطلب على الاحمال
الكهربية بشكل دقيق . وهذا الفشل لادارات التخطيط (في الولايات
المتحدة نفسها) مقرونا بفشل أكبر للتنبؤ بتكلفة وزمن تركيب المحطات
النووية كل ذلك غير من عقليات (مفاهيم) معظم مؤسسات الكهرباء
الأمريكية .

• - وقبل حلول القرن الحادى والعشرين سوف يطرح بكميات
هائلة بالاسواق خلايا شمسية ذات كفاءة عالية (٢٠٪ مثلا) بتكلفة
١ دولار / وات (أقصى حمل) *

توصيف لسوق الطاقة

- تتوقف الخلية الشمسية عن توليد الطاقة الكهربائية عندما
تغرب الشمس ولكنها - وبشكل آلى - تعود ثانية للعمل في اليوم التالي
وهكذا كل يوم دون تدخل بشري . وتستخدم بطاريات (ذات امكانية
اعادة الشحن) في النظم الفوتوفولطية لتخزين الطاقة ليلا وفي فترات
غياب الشمس عامة ولأجل ذلك كانت الخلايا الشمسية - عند بداية
المهد لها - شائعة الاستخدام في الجهات النائية حيث لايتوافر الوقود
او في المواقع التي تعمل بشكل تلقائى دون ملاحظة من البشر Unattended
وتكلفة الكهرباء المولدة بالآت ديزل صغيرة تتراوح ما بين ٧٥ر - ١٠٠ر
دولار/ك.و.س حسب تكاليف نقل الوقود *

وفيما مضى كان السوق الرئيسى للخلايا الفوتوفولطية يتركز حول
احلالها مكان آلات الديزل وهناك مجموعة أخرى من العملاء - والذين
يدقعون أكبر كثيرا - نمنا للطاقة الكهربائية ألا وهى مجموعات التي تعتمد
على شراء البطاريات الجافة ذات العمر القصير فعلى سبيل المثال يدفع
مستخدمو البطاريات من الحجم "D" والتي يبيعها مخازن "K-mort"
فى - لوس انجلوس بما يعادل ١٧٧ دولار/ ك.و.س ٠٠٠ حيث أن

بطاريتان من هذا الحجم تكلفتها ١٩٩ دولار وتعطى حوالى ١١ وات • ساعة من القدرة على طول عمرها الافتراضى وهو ٢٠ ساعة مثال آخر بطاريات الراديو الترانزستور (٩ فولت) والتي تعطى قدرة بمعدل ٣٠٠ دولار لكل ك.و.س. وهكذا ويقدر حجم البطاريات المستهلكة في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها بحوالى ٤ بليون دولار سنويا نصفها من مبيعات شركة « يونيون كاربايد » •

وبابتكار تقنية القشء الدقيق لصناعة الخلايا الشمسية رخيصة والتكلفة كان هناك اتجاه - بدأ من اليابان - نحو تصميم خلايا شمسية فى داخل المنتجات لتحل محل البطاريات الجافة وبانخفاض أسعار المهمات خلال السنوات القادمة ستصبح الخلايا الفوتوفولطية أكثر جاذبية اقتصاديا - لعدد متزايد من التطبيقات • وعندما يصل سعر الوحدة Module الواحدة أقل من ٤ دولار / وات (أقصى قدرة) تصبح الخلايا الفوتوفولطية منافسة - وبشكل كبير - مع الآلات التى تعمل بالوقود الحفرى ومضخات المياه • وفى النطاق ٢ الى ٣ دولار/ك.و.س. فانها تصبح منافسا حقيقيا للطاقة الكهربائية المشتراة من شركات الكهرباء - فى العديد من مناطق الولايات المتحدة •

وحتى مشكلة الطقس - وتلبد السماء بالغيوم - سوف تحل بالنسبة للخلايا الفوتوفولطية فى القرن القادم • فبابتكار الوصلة الترادفية Tandem Junction سوف يمكن للمصفوفات وحدات القشء الدقيق - ذات الكفاءة ٢٠٪ - أن تتبع Follow المنطاد Aeostat الشمسى • حيث سيكون التصور الخاص بتعويم المصفوفة - المكونة من خلايا القشء الدقيق - فى الهواء - سيكون واقعا - بل شيئا عاديا بعد عام ٢٠٠٠ - بل هناك تنبيه - (تحذير) لشركات القوى الكهربائية الأمريكية باحتضان (تبني) مشروعات الخلايا الفوتوفولطية والمنطاد (القمر الصناعى لتجميع أشعة الشمس وبنها للأرض) فان شركات الفضاء سوف تجد أمامها فرصة كبيرة جدا لدخول هذا المجال ومن ثم سيكون الفضاء هو انسب موقع لاختيار محطة توليد الكهرباء • نعم فالخلايا الفوتوفولطية لا تحتاج الى وقود يأتى للمحطة فى قطار (كالفحم مثلا) أو فى أنابيب (كالنفط والغاز وأحيانا الفحم بشكل مولاط Slurry) لذلك لماذا إذن الحاجة لبناء المحطة على الأرض وليس فى الفضاء ؟

وتشير الدراسات المبدئية بأن حجم (مبيعات) الخلايا الفوتوفولطية فى الولايات المتحدة بقدر بما يتراوح من ٦ ← ١٢ بليون

MODULE EFFICIENCY

$$\eta_m = \eta_p \cdot \eta_{\text{HOT}} \cdot \eta_{\text{C}} \\ = 0.107 \cdot 0.828 \cdot 0.828 = 0.0743 \\ \eta_m = 7.43\% \text{ TLN}$$

SH. EG.

NOTE = NORMAL OPERATING CELL TEMPERATURE - THE NORMAL CELL TEMPERATURE UNDER "STANDARD" CONDITIONS DEFINED AS: IRRADIATION VELOCITY = 1 kW/M² (1000 WATT/M²) TYPICAL OF SOLAR NOON, MOUNTED ON STRUCTURE TYPICAL OF APPLICATION, AND PLEIN - 45 C/100 = 100 WATT/M² IRRADIANCE

NOTE = MODULE EFFICIENCY AT 300 C/100 TEMPERATURE AND 100 WATT/M² IRRADIANCE

NOTE = MODULE EFFICIENCY AT AN AIR MASS (AM) 1.5 IRRADIANCE THE NORMAL OPERATING CELL TEMPERATURE (NOTE)

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

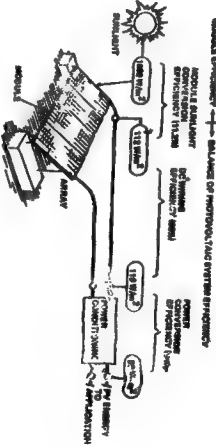
NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY

NOTE = MODULE EFFICIENCY



(شكل ١ - ٢٢)
 شكل مبسط لبيان كفاءة النظام الشمسي

دولار مستويا مع بداية القرن الحادى والعشرين • وتجمع الخلايا
الفوتوفولطية فوق طبقات زجاجية لتكوين وحدات نمطية Modules
ولقد اختير الزجاج كحامل بيىء فعال اضافة عن اعتباره عضو فى هيكل
الخلية Structural Member

وسواء كانت النظم المستقبلية ستظل عبارة عن تصميمات لالواح
مستوية Flat Panels او ستتغير الى التصميمات التركزية Concentrating
اى النظم التى توجه أو تركز Focus مساحة كبيرة من ضوء الشمس
الى مساحة أقل كثيرا اى الخلية الفوتوفولطية - ليست فى الوقت الحالى
مسألة ملحة فسوف تحدد الاقتصاديات اى الخيارين صيبقى •

الفصل الثانى

الاستخدام الحرارى للطاقة الشمسية

أولا : التسخين والتبريد الشمسى

آلات الامتصاص Absorbion والتي تستخدم فى التسخين - التبريد والتجميد Refrigeration تبدي خصائص أنها تشتغل أو تعمل بالطاقة الحرارية . ومن الناحية التاريخية استخدمت الطاقة الحرارية من كل من الرتبة العالية والنوعية المنخفضة لإدارة هذه الآلات فعل صبييل المثال فان البخار ذى الضغط المنخفض والماء الساخن بفعل المجمعات الشمسية هي أمثلة المصادر ذات الرتبة المنخفضة والشائعة الاستخدام بينما منتجات الاحتاق من الغاز الطبيعي هي مصادر من الرتبة العالية . وحتى يمكن الاستغلال الكامل للاتاحية الحرار - ديناميكية للغاز الطبيعي تقوم وزارة الطاقة الأمريكية بتطوير دورات امتصاص متقدمة . ويتوقع لهذا الجيل الثانى من الآلات أن يصل الى معاملات أداء حرارية Heating Coefficient of Performance (COPs) تتراوح ما بين ١٦ الى ١٨ وإلى معاملات أداء تبريد Cooling COPs تتراوح ما بين ٧ الى ١٠ .

ولتحقيق هذا المستوى المرتفع من الكفاءة الحرارية ينبغي أن تعمل بعض أجزاء الآلة عند درجات حرارة عالية نسبيا . وأحد المشاكل الناتجة عن - أو التي تتمخض عنها هذه الحقيقة - أنه وفى أغلب الأحيان تكون خصائص الموائع عند درجات الحرارة العالية غير معروفة أو قد تكون معروفة ولكن بدقة ضئيلة (قليلة) . وفى معظم الحالات تكون دقة بيانات الحرارة العالية ليست بنفس جودة بيانات الحرارة المنخفضة . ولكى تحسن هذه الدقة يستعدى الأمر للقياس بقياسات تجريبية باعطة التكلفة .

ولعل أهم المتغيرات التي تحدد أداء آلات الامتصاص هي كل من النسبة المردائية Circulation Ratio لهذه الآلات وكذلك معامل

الآداء (COP) والأولى - أي النسبة اللورانية - هي كمية المحلول الشغل والذي ينبغي تنويره بواسطة المضخات لامتناس واحد كثة واحدة من وسبط التجميد refrigerant بينما الثاني - أي معامل الآداء - فهو نسبة الحرارة المستخلصة من الحيز الذي يراد تبريده والحرارة المستخدمة لتشغيل أو ادارة الوحدة . ومن ثم - ولسعة معروفة أو معطاة - فان النسبة اللورانية تتناسب مع حجم المضخات - انحرركات والمبادلات الحرارية الملامسة In Contact with للمحلول علاوة على ذلك - ولسعة معروفة أو معطاة فان حجم بعض المبادلات الحرارية وكذلك التكلفة الجارية تتناسب عكسيا مع معامل الآداء .

آداء نظام متكامل من المضخات الحرارية وسخانات المياه التي تعمل بالغاز

يمثل الآداء غير المرضي لسخانات المياه التي تعمل بالمضخات الحرارية (هواء - الى - ماء) في الظروف الطبيعية الباردة - العبقة الرئيسية للتوسع في تسويق هذه الآداة للاستخدامات المنزلية . وعلى الجانب الآخر فان ارتفاع (أو زيادة) أسعار الغاز الطبيعي التي شهدتها اوائل حقبة الثمانينات كان حافزا لاستبدال السخانات التي تعمل بالغاز .

وكان لارتفاع أسعار الطاقة أثر كبير في تغيير قاعدة التصميم الاقتصادي من مجرد اعتبار التكاليف الاستثمارية الأولية (الأصلية) الى التكاليف الاجمالية على مدى العمر (المدى الطويل) علاوة على ذلك فان احتمالات أو امكانات التغير في مصادر الطاقة من شأنها ان تقدم (أو تقترح) تصميمات للنظام مؤسمة على استخدام مصادر عديدة للطاقة . واحدتي الطرق هي بتصميم نظام قادر على استخدام مصادر عديدة للوقود أو باستخدام مصدر رخيص للطاقة - مثل الطاقة الشمسية والرياح أو طاقة التفرج الحراري لمياه المحيطات . ويدعم هذا المصدر مصادر من الوقود الناضبة لمواجهة ظروف عدم توافر - أو حتى عدم كفاية - هذه المصادر الأولية للطاقة . وينبغي ان تؤكد على أهمية كل من استخدام المصادر المركبة للطاقة جنبا الى جنب مع أهمية الاستخدام الجيد (الكف) للمصدر المفرد Single للطاقة .

وتقريبا في كل البلاد الغربية الباردة - وكذلك في بعض البلاد الشرقية - نجد ان تبخير المياه يمثل ثاني أكبر مطلب للطاقة داخل المنازل حتى انه - وعلى سبيل المثال - يستهلك المنزل في الولايات

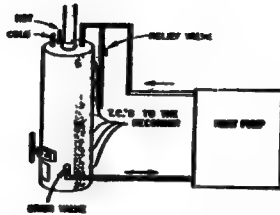
المتحدة الأمريكية ما بين ٥ الى ١٠ آلاف كيلووات ساعة سنوياً في تسخين المياه . فإذا كانت تكلفة الطاقة الكهربائية تتراوح - بالولايات المتحدة - ما بين ٤ الى ٨ سنت/ك.و.س . فمعنى ذلك أن استهلاك الكهرباء لهذه السخانات يتراوح ما بين ٢٠٠ دولار الى ٨٠٠ دولار أمريكي سنوياً لكل منزل . ويمكن لسخان المياه الذي يستخدم المضخة الحرارية بمتوسط ومعامل أداء (COP) يساوى ٣ أن يختصر هذه التكلفة بمقدار الثلث ومن ثم فإن فترة استرداد رأس المال المستثمر يمكن أن تكون أقل من عام واحد .

ويمكن أن نقول أن مؤشر الجدوى الاقتصادية لاستخدام سخان المياه ذي المضخة الحرارية كبديل عن سخان المياه الكهربائي - يكون أعلى (أو أكثر وضوحاً) كلما ارتفع سعر الطاقة الكهربائية وكلما ازداد الاستهلاك من الماء الساخن . وجدير بالذكر فإن أثر هذين العاملين (زيادة الاستهلاك وسعر وحدة الطاقة الكهربائية) يكون أكثر تضخماً عندما يكون معامل الأداء (COP) أعلى .

ولقد لوحظ أن أداء سخانات المياه ذات المضخات الحرارية يكون مرضياً جداً في مناطق الولايات المتحدة ذات الظروف الجوية المتوسطة على مدار العام . علاوة على ذلك فإن هذا السخان يقدم نفس المزايا أو الفوائد التي يقدمها جهاز تكييف الهواء ونازعات الرطوبة في بعض أجزاء من الولايات المتحدة الأمريكية .

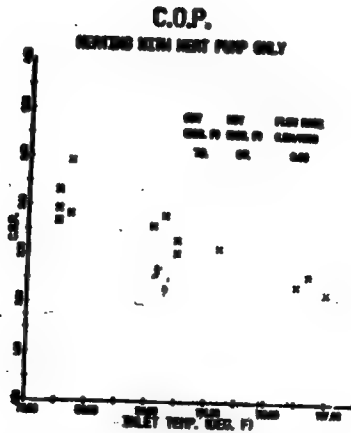
ونفس المبدأ ينطبق أثناء الصيف - على الجهات الشمالية من الولايات المتحدة الأمريكية في الشتاء فإن المضخة الحرارية - تسحب الحرارة من داخل المنزل والتي تحتاج لاستبدالها بنظام تسخين منزلي . ويعتبر تحديد موقع سخان المياه الذي يعمل بالمضخة الحرارية - العامل الأساسي لتحديد كمية الحرارة المسحوبة من باقى المنزل . ولتجنب الفاقد الحرارى من الحيز المكيف Conditioned Space ينبغي إقامة المضخة الحرارية في حيز مكيف وفي هذه الحالة فإن فقداً كبيراً من الحرارة اللازمة لتسخين المياه يمكن الحصول عليها من الأرض أو من الفوائد الحرارية الداخلية Interior Heat Losses الأخرى .

وفي تحليل لأسوأ الحالات حيث لا يكون هناك فاقد حرارى متاح يمكن تحويل سخان الماء ذي المضخة الحرارية الى سخان يعمل بالغاز أو يعمل بالتسخين بالمقاومة Resistance Heating



(شكل ٢ - ٢)

رسم كروكي للتجربة



(شكل ٢ - ٢)

خصائص تغير « معامل الأداء » مع تغير درجة حرارة المياه الداخلة .

ولقد أجريت دراسة بهدف استقصاء امكانية احلال (تبديل) سخان المياه الغازى بأخسر يصل بالمضخة الحرارية واستهلفت هذه الدراسة تحليل الأداء الحرارى - ديناميكى (الترموديناميكى) والاقتصادى لنظام تسخين مياه يتضمن كلا من السخان الغازى وسخان المضخة وسخان المضخة الحرارية . ولعل أحد المزايا الهامة فى هذا النظام المركب أن جزءا من الطاقة الفاقدة من نظام سخان المياه الغازى يعاد استخدامها فى المضخة الحرارية .

واستخدمت هذه الدراسة لتقييم أداء نظام مركب عبارة عن سخان ذى مضخة حرارية - متاج تجاريا - بسعة حرارية ١٣ر٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية فى الساعة وسخان غازى - متاج تجاريا كذلك - ذى سعة ٤٠ جالون (أمريكى) من المياه الساخنة . كذلك استخدم مستودع تخزين سعة ٤٠ جالون الملحق بالسخان الغازى كخزان لسخان المضخة الحرارية . وتم توصيل السخانين وتزويدهما بأجهزة القياس اللازمة لتزويد الباحثين بقاعدة البيانات والنتائج النهائية . وبين الشكل (٢ - ٢) المكونات الرئيسية لهذه التجربة . أما المراحل النهائية فتكون من قياسات السعة - الأداء - والكفاءة لسخان المضخة الحرارية - لسخان المياه الغازى - والنظام المركب من السخانين . فهى نتائج قياسات الحرارة - معدل تدفق المياه - واستهلاك المضخة الحرارية .

وبالنسبة للمضخة الحرارية يقوم محرك قدرته (١) واحد حصان - ومن النوع التائىرى وسرعته ٣٦٠٠ لفة / دقيقة بإدارة الكباس المحكم السداد - ذى الاسطوانة الواحدة وذى الحركة الترددية Reciprocating أما المكثف فهو عبارة عن مبادل حرارى حلزوى مصنوع من المواسير الملفطحة Flattened ومغطاة بطبقة عازلة . أما أداة التمدد فى هذه المضخة الحرارية فهى عبارة عن أنبوبة شعيرية Capillary . والمبخر من النوع ذى الأنابيب الزعانفية (المزودة بالزعانف Finned-Tube) وذات التدفق المستعرض والممر (الطريق) المفرد وتقوم مضخة صغيرة (قدرة ٠.٠٤ حصان) بتدوير المياه داخل المضخة الحرارية .

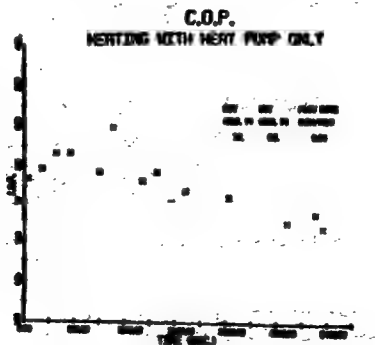
وتم دراسة أداء المضخة الحرارية بتشغيل المضخة الحرارية وحلها وتسخين المياه داخل مستودع التخزين (Storage tank) أما المياه الداخلة لهذه المضخة الحرارية فتتم سحبها من قاع مستودع التخزين (الخزان) ثم تم اعادتها الى أعلى (top) الخزان بعد استقبال الحرارة من وسيط التجميد refrigerant داخل مكثف المضخة الحرارية .

• ويبيّن الشكل (٢-٣) العلاقة بين تغير معامل الأداء (COP) مع درجة حرارة الماء الداخِل • بينما الشكل (٢-٤) تغير معامل الأداء أثناء زمن تسخين المياه • وخلصنا ما تمخضت عنه هذه الدراسة فهي ما يلي :

• أن الشكل والأبعاد النسبية لمستودع التخزين هي عوامل هامة للحفاظ على مستوى عال لمعامل الأداء عند استخدام المضخة الحرارية فقط .

• يمكن الحفاظ على مستوى عال لمعامل الأداء (COP) بزيادة التدرج الحراري للماء داخل الخزان • واحد الطريق لذلك هي بتخفيض معدل تدفق المياه الدوّارة خلال المضخة الحرارية فمثلا تخفيض معدل التدفق من ١٠ لتر / دقيقة الى ٨ لتر / دقيقة يؤدي الى زيادة الفارق في درجة الحرارة ما بين منطع وقاع الخزان من ٢٠ الى ٤٥ درجة فهرنهايت • وهذا يؤدي الى في زيادة معامل الاداء بنسبة ٢٥ % .

• ألا أنه عند تسخين المياه بكلا السخّانين فإن تخفيض معدل تدفق



(شكل ٢ - ٤)

خصائص تغير معامل الاداء مع الزمن .

المياه الدوارة خسران المضخة الحرارية له أثر سلبي على معامل الأداء (COP) وهذا راجع الى أن الزيادة المستمرة والمنظمة في درجة حرارة المخزن بفعل سخان الماء الغازي .

— بافتراض سعر ٥٤ ر، ١٩٨٤ سنت لكل مليون وحدة حرارية بريطانية للغاز والكهرباء على التوالي وبكفاءة ٦٠٪ لسخان الماء الغازي يكون تسخين المياه باستخدام المضخة الحرارية أكثر اقتصادا (بالنسبة لاسعار الوقود فقط) طالما ظل معامل الأداء أعلى من الرقم ٢٢ .

— أصبحت المضخات الحرارية شائعة جدا وخاصة في شمال غرب أوروبا حيث البرد قارس كوسيلة لازاحة (أو لتحل محل) فقط التدفئة والتسخين في المنازل ألا أن المرواح داخل المضخات الحرارية التقليدية تعتبر مصدرا مزعجا للضوضاء . لذا لجأ الناس — كمصدر حراري بديل — الى « أسطح الطاقة » "Energy Roofs" وغيرها من الهياكل الأخرى حيث تجمع الحرارة من الهواء الجوى ومن خلال تيارات الحمل (التصفى Convection) الحرارى الطبيعي . وبالنسبة للولايات المتحدة أجرى اختبار على « أسطح الطاقة » الا أن النتائج لا تتوقع لهذه الوسيلة أن تكون شائعة فمنها الأسباب :

— التكلفة الاقتصادية أعلى من النظم التقليدية .

— أنها لا تقدم أى مزايا بالنسبة لإدارة الأحمال الكهربائية .

— تقتصر فائدتها على الأجواء المعتدلة فقط .

— أن الأمريكيون لم يسطروا اهتماما كبيرا بمشكلة الضوضاء التى تصدرها مرواح المضخات الحرارية .

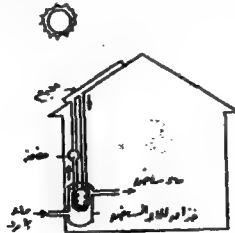
وبعد أزمة النفط المالية فى أوائل السبعينات من هذا القرن تجدد الاهتمام — فى الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها — بالمضخات الحرارية لتدفئة وتبريد المباني ومن ثم نشطت الأبحاث لتحسين معامل أدائها COP وأمكن رفع إمكاناتها باستخدام الآلات ممتدة السرعة . كما اهتمت الأبحاث باستخدام ملفات تبريد البخار المعص (ملفات إزالة الاحماء desuperheating Coils لتسخين الماء المنزلى الحار DHW — Domestic Hot Water) وكذلك لتطوير وحدات DHW التى لها مضخة حرارية منفصلة .

وزاد الاعتماد كذلك باستخدام المصادر الحرارية الأخرى بخلاف ذلك المصدر البسيط وتقصيد به الهواء الجوى المحيط . فنجد أبحاثا قلعت عن استخدام مياه الآبار - مياه البحيرات - أو استخدام مضخات حرارية مقرونة Coupled بالأرض من خلال نظام للمواسير المدفونة فى الأرض . بل تطلع الناس الى المضخات الحرارية المعاونة للنظم Solar Assisted Heat Pumps (SAHP) الشمسية وهى عبارة عن نظام تجميع وتخزين شمسي يدعمه (أو يسأده) مضخة حرارية (وهذه الأخيرة يسأدها نظام تسخين باستخدام المقاومة الكهربائية) .

وفى بعض وحدات المضخات الحرارية المعاونة للنظم الشمسية (SAHP) - النظم المتوازية - نجد أن المضخة الحرارية هى ببساطة عبارة عن وحدة هواء الى هواء (air-to-air) والتي يبدأ تشغيلها باستخدام الهواء الخارجى كمصدر للحرارة عندما يكون نظام التخزين الشمسي غير قادر على التزويد بطاقة حرارية مفيدة .

وفى بعض وحدات المضخات الحرارية المعاونة للنظم الشمسية (SAHP) - النظم المتتابعة (المتوالية) - نجد أن المضخة الحرارية تستخدم نظام التخزين الشمسي كمصدر حرارى .

وفى النظم الثنائية (Dual Systems) يمكن للمضخة الحرارية أن تستخدم أى من الهواء الجوى المحيط أو مياه صهريج التخزين الشمسي . ومازال الجدل مستمرا للقطع بأى النظم هو الأفضل .



(شكل ٢ - ٥)

كروكي لنظام شمسي فعال ويضمن لوحات التجميع الشمسي - المضخات - خزانات المياه الساخنة والتهاللات الحرارية .

وفي ألمانيا وفرنسا تم استنباط (أو تطوير) طراز جديد من نظم المضخات الحرارية (المتناحي) والتي يستخدم الهواء كمصدر حرارى مع الرياح Wind مع نقل الحرارة بتيارات - الحمل - (التصعد Convection) الطبيعية وبدون استخدام مرواح وأحيانا يغطى الجدار أو واجهة المبنى - أو السطح - جزئيا أو كليا بسطح ناقل للحرارة بشكل يماثل - لحد ما - بلوح للتجميع الشمسى ولكن بدون صقل Widespread Glazing حتى أنه يتخيل للفرد أحيانا - عندما يرى أدوات التجميع الشمسية هذه كأنها أسوار أو أبراج أو بأشكال كأنها محاطة بأسوار وتسمع عن المسميات مثل « أسطح الطاقة » - « جدران الطاقة » - « واجهات الطاقة » "Energy Facades" « أبراج الطاقة » - « كرات الطاقة » "Energy Spheres" « أسوار الطاقة "Energy Fences" مداخل الطاقة "Energy Stacks" ... الخ .

ولقد اهتم معهد بحوث الطاقة الأمريكية المعروف "EPRI" بدراسة كل هذه التقنيات الأوروبية وتحديد أفضلها للتطبيق داخل الولايات المتحدة الأمريكية .

وحاليا فأكثر من ٤٠٪ من الطاقة الأولية التى تستخدم فى شمال غرب أوروبا تستخدم فى التدفئة المنزلية ونسبة كبيرة من هذه الطاقة الأولية مصدرها البترول أو الغاز الطبيعى ومن ثم فيهتم هذا المجتمع بالاقتصاد - أو البحث عن بديل لهذين المصدرين كلما أمكن ذلك . وهذا هو السبب الرئيسى لاهتمامه (أى هذا المجتمع) بالمضخات الحرارية .

ولكن هنالك فروق واضحة بين مسوق (أو تصاميم) المباني السكنية فى كل من أوروبا وأمريكا ففي أوروبا يعيش الكثير من السكان فى منازل قديمة عمرها قد يصل الى ٥٠٠ عام كما تبني مباني حديثة ولكن بخصائص انشائية تجعل من المتوقع أن تعيش فترة طويلة كذلك ولا يهم هؤلاء الناس كثيرا فى أن ينفقوا بسخاء على تجهيز منازلهم على العكس من ذلك فى الولايات المتحدة حيث يميل السكان الى الحد من نفقات تجهيز منازلهم نظرا لطبيعة الظروف المعيشية لهذا المجتمع الكثير التنقل من منزل لآخر ومن بلد ومن ولاية لآخرى .

والكثير من المنازل القائمة أصلا فى البلاد الأوروبية تعتبر - عمليا - بدون أى عزل حرارى فعاليا ما تكون الجدران من الطوب ذات الفراغات الهوائية . وعلى الرغم من أن ذلك قد يخلق بعض العزل الحرارى

للجدران ألا أنها مبنية (built-in) أساميا للسيطرة على الرطوبة وتنتج تسرب المياه مباشرة من الجدران الخارجية إلى الطلاء (أو ورق الحائط مثلا) الداخلى والحقيقة فإن تحسين - أو تعديل - هذه المباني ليس بالعملية السهلة قاعدة تركيب المازل الحرارى فى الثغرات أو الفجوات الهوائية يمكن أن يتدخل مع عمل حاجز الرطوبة للفراغ الهوائى Gap's moisture barrier كما أن الفراغ المتاح لوضع العزل الحرارى داخل ثغرة أو فجوة هوائية - بطبيعتها ضيقة - محدود للغاية . كما أن إعادة تركيب عازل حرارى خارج - الجدران يعتبر غير مرغوب فيه بالنسبة للمباني من الطوب وإعادة تركيبه داخل الجدران من شأنه تصغير تقليل حجم الحجرات كما تقلل فعالية (أو تأثير) العصور الحرارى Thermal Ineratio للجدران الطوب .

والكثير من المنازل فى شمال غرب أوروبا تستخدم البترول فى التدفئة كما تستخدم البترول - كذلك - فى تسخين المياه - والذي يمكنه أن يكون على درجة معقولة من الكفاءة فى فصل الشتاء عندما يستفاد من الفرن Furnace فى تدفئة المنزل كذلك وعلى العكس من ذلك فى فصل الصيف حيث يفقد لحد كبير - هذه الكفاءة - ونظرا لنقص - أو قلة - الاشعاع الشمسى فى فصل الشتاء كثيرا ما يعتبر التسخين الشمسى لمياه المنازل كبديل لاستهلاك البترول فى الصيف فقط .

والاستهلاك السنوى للبترول المستخدم فى التدفئة لمنزل يقيم به عائلة كبيرة فى ألمانيا يقدر بحوالى ١٥ متر مكعب مع منهريج ضخيم يبنى فى البدروم (الطابق الأرضى) ومن ثم فيحتاج إلى ملئته مرة أو مرتين فقط خلال العام . وتصل أحيانا مسبعة هذا المنهريج إلى ٣٠ طن من البترول - وقد تزيد ١١٠٠٠ .

أما فى الولايات المتحدة الأمريكية فنجد - فى المناطق الشمالية الشرقية منها - مسبعة المنهريج تبلغ من ١٥ إلى ٢ متر مكعب فقط ويستلزم تكرار ملئها عدة مرات خلال فصل الشتاء وغالبا ما تكون مزودة - أى هذه المنهريج - بنظام آلى لليلء وفقا لتسجيل حرارى/يومى Degree-day-record

وتعتبر المضخات الحرارية ذات جاذبية خاصة فى بلاد شمال غرب أوروبا لعدة أسباب منها :

- أن درجات الحرارة - المعتدلة (نسبية) شتاء - من شأنها توفير مصدر هواء حرارى والذي نادرا ما يهبط إلى الدرجات التى تجعل

المضخة الحرارية عاجزة عن استخلاص كميات معقولة من الطاقة من الهواء (علما بأن المجمع القمسي الحرارى يعتبر - تقريبا - عديم الفائدة شتاء) .

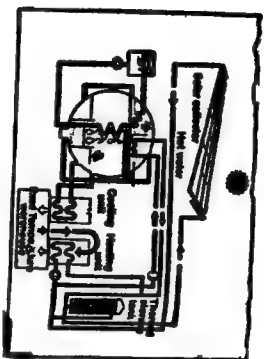
- أن طول موسم التدفئة من شأنه إتاحة الفرصة لاطالة فترة الهلك Amortization Period لمعدات المضخة الحرارية بأعطة التكلفة - نظرا لطول ساعات التشغيل .

- أن الطاقة الكهربائية المستهلكة فى المضخات الحرارية - جزء فقط منها - يستمد من حرق البترول * وعلى سبيل المثال فى ألمانيا الغربية وجد أن ٥١٪ فقط من الطاقة الكهربائية تولد من مصادر بترولية بينما ١٩٩٪ منها من الغاز الطبيعى والباقي ٧٥٪ من مصادر رخيصة (طاقة مائية - نووية - والفحم) * ولذا فإن المضخات الحرارية يمكنها أن تحل محل قدر لا بأس به من النفط (البترول) المستخدم فى التدفئة المنزلية بشرط أن يكون معامل الاداء COP لهذه المضخات - وفى أى مكان - فى حدود معقولة .

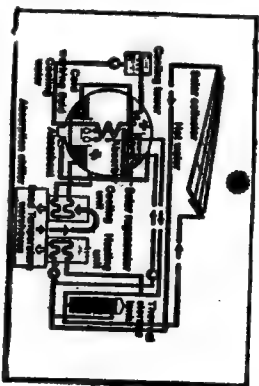
ويمكن أن نقول بشكل عام - أن ذروة استهلاك الطاقة لأى مضخة حرارية يكون ليلا وهذا من شأنه - دون شكل - تحسين معامل الحمل للشبكة الكهربائية .

وجدير بالذكر أن الاهتمام بالمضخات الحرارية فى البلاد الأوروبية لا تقتصر على الوحدات التى تعمل بضغط (كبس البخار) التى تدار كهربائيا بل يمكن كذلك صناعة مضخات التى تدار بالوقود الحفرى - سواء باستخدام دورات الامتصاص أو أى مهمات أخرى - وهى بسيطة التركيب نسبيا نظرا لعدم الحاجة إلى تكييف (تبريد) للهواء بل ما يلزم هو التسخين فقط ويمكنها لذلك أن تقوم بأداء مهمة (وطيفة) مفيدة جدا حيث أن معامل الاداء COP لأسلوب (أورجيم) التسخين أعلى من كفاءة الاشعال أو الحريق - وبشكل ملحوظ - داخل الفرن العادى .
وفعلا تجرى أبحاث كثيرة حاليا لتطوير المضخات الحرارية التى سوف تعمل بالوقود الحفرى .

نعود مرة أخرى إلى الوسائل الأخرى - غير المضخات الحرارية - مثل « سطح الطاقة » و « مدخنة الطاقة » . فهذه تتميز بأنها لا تصدر ضوءا - حيث لا تعمل مرواح وحتى لو أمكن تصميم المرواح بحيث تصدر مستوى منخفض من الضوء ففى بلد مثل ألمانيا الاتحادية -



(أ)



(ب)

(شكل ٩ - ٢)

شكل ميسط لبيان نظام التبريد المائية التبريد

(أ) التبريد التبريد

(ب) التبريد التبريد

مجرد صدور شكوى من أن هذه المروحة تسبب مضايقة لأحد الجيران -
ولو كان مستوى الضوضاء في حدود المسموح به باللوائح المحلية -
يعتبر هنالك سبباً كافياً لعدم تشغيلها .

النظام المركب من المضخة الحرارية الشمسية والمجمع الشمسي المعبأ بمسائل للتبريد

هنالك مشكلة أساسية بالنسبة للنظام الشمسي التقليدي الذي
يستخدم السوائل Liquid Solar System وهي أن كمية الحرارة التي
تنتج سعة النظام تتوقف - ولحد كبير - على الظروف الجوية .
فالنظام - في أغلب الأحيان - يكون غير قادر على تجميع الحرارة في
الفترة التي لا تتاح خلالها طاقة شمسية كافية ومن ثم لابد من توفير
مصدر مساعد للطاقة لتغطية احتياجات الحمل الحراري المطلوب .
علاوة على ذلك فإن النظام يتطلب حماية (وقاية) ضد التجمد
Freezing والصيانات الدورية ومن ثم التكلفة العالية لإنشاء الورش
عالية مقابل الانتفاع بنسبة ضئيلة من الطاقة الشمسية على العكس
المطلوبة لذلك . كل هذه العوامل تؤدي إلى تكاليف استثمارية وصيانة
من ذلك يمكن لنظام المضخة الحرارية - ذات المصدر الهوائي - أن تجمع
طاقة حرارية تحت الظروف التي تتميز بانخفاض الإشعاع الشمسي
Solar Insolation مثل الأيام الغائمة والأيام الممطرة . ومن تحليل
للواقع ينبغي ألا تتوقع أداء عاليًا عند انخفاض درجة حرارة الجو المحيط
حيث تصبح سعة التسخين وكذلك معامل الأداء منخفضين جدًا .
وللتغلب على هذه المشاكل أعطيت للمضخات الشمسية الحرارية اعتمادات
على نطاق واسع . وعلى وجه الخصوص نظم المضخات الحرارية ذات
المجمع الشمسي المعبأ بمسائل تبريد والتي تسمى « نظم المضخات
الحرارية الشمسية ذات التمدد المباشر Direct Expansion Solar Heat
Pump System » وهذه النظم لها جاذبيتها حيث أن هذا النظام - من
حيث المبدأ - يقوم بتجميع الحرارة - مباشرة - من كل الإشعاع
الشمسي Solar Radiation ومن الجو . كما تقدم هذه النظم
- نظم التمدد المباشر - إمكانات قوية لتحسين أداء كل من المجمع
Collector والمضخة الحرارية . ويمكن للمجمع الشمسي المعبأ بمسائل
التبريد - والذي يستخدم كمبخر Evaporator داخل دورة كيرس
(ضغط) بخار للمضخة الحرارية - أن يرفع درجة حرارة التبخر

Evaporation مع الإشعاع الشمسي Solar Insolation وهذا يعنى - بالنسبة لدرجة حرارة تكثيف معطاة (معينة) - أن المضخة تعمل بقدرة داخلية (مقدارة) ضئيلة للضاغط (الكباس) حتى يمكن أن تتوقع قيمة عالية لمعامل الأداء . في نفس الوقت فإن المجمع يعمل عند كفاءة عالية نظرا لحرارة المجمع المنخفضة وحيث يعاني المائع الشفغال Working Fluid دائما من تغير المرحلة أو الحالة Phase Change عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة الجو المحيط بمعدل انتقال حرارى عالى .

ولقد أظهرت دراسات حديثة نسبيا (كراكو - لين عامى ٨٣ ، ١٩٨٤) الجدوى الفنية والاقتصادية لهذا النظام (نظام المضخة الشمسية) عندما تعمل بأساليب مختلفة لمصادر الطاقة . كما تمكنت مجموعة من الباحثين (شاتورفينى وآخرين) من استنباط نموذج رياضى (عام ١٩٨٠) لأجراء دراسة تحليلية للأداء الحرارى للمجمع المعبأ بسائل للتبريد واستخدام هذا النموذج لدراسة نظام المضخة الحرارية الشمسية ذات التمدد المباشر . وأظهرت دراساتهم باستخدام النموذج الرياضى المشار اليه الى امكانية التوصل الى معامل أداء للمضخة الحرارية قيمته ٦ (ستة) وتحت ظروف محيطية واقعية .

وقام باحث ثالث (هينو - عام ١٩٨٣) بأجراء دراساته على نظام « سولير SOLAIR » ، وهو عبارة عن نظام للمضخة الحرارية الشمسية ذات التمدد المباشر مع صهرج لتخزين الثلج . ويستخدم لكل من تدفئة وكذلك تبريد المباني . وأظهرت هذه الدراسات أنه يمكن تحقيق وفر (اقتصاد) لا بأس به من الطاقة - باستخدام الطاقة الشمسية في نظام المضخات الحرارية .

توصيف لتجربة لتقييم أداء نظام المضخات الشمسية الحرارية ذات التمدد المباشر :

والنظام الذى نحن بصدد استخدامه لتسخين المياه بالمنازل وهو عبارة عن كباس (ضاغط) ذى صعة متغيرة ويتحكم في هذه الصعة تردد Frequency التيار المذى للمحرك الذى يدير هذا الكباس - بلف تمدد يعمل بالكهرباء - مجمع شمسي معبأ بسائل للتبريد والذى يمكن دمجه مع هيكل سطحي Roof Structure

وبين الشكل (٢ - ٧) عناصر التجربة . وسائل التبريد - والذي يعبأ به المجمع الشمسي يتص الحرارة من الاشعاع الشمسي ومن الجو بواسطة التبخر ومن ثم يخرج منه في الحالة الغازية . بعد ذلك يضغط (يكبس) غاز التبريد - من خلال الضاغط وبالتالي يرتفع ضغط وحرارة هذا الغاز ويقوم المكثف بتكثيف هذا الغاز المضغوط من خلال التبادل الحرارى مع الماء . ويتمدد - وسائل التبريد - ليصبح مائع ذى مرحلتين عندما يمر خلال بلف التمدد - ثم يعود مرة ثانية الى المجمع الشمسي .

أما المجمع المستخدم فى هذا النظام فهو عبارة عن مجمع شمسي عاد ومزود بزعانف مسطحة Flat Fin وبدون غطاء زجاجى أو عزل . وهذا المجمع مصنوع من الألومنيوم المالج بالطريقة الانودية Anodized مع التشكيل بالبتق (انيثاق أو بروز) Extruded ويمكن دمج المجمع الشمسي مع هيكل السطح لينسجم مع الشكل المعيارى له . وبين الشكل (٢ - ٨) المنظر الخارجى للمجمع الشمسي . وأسفرت نتائج التجربة عن :

- يمكن أن تصل كفاءة المجمع الشمسي الى أعلى ما يمكن (١٠٠٪) ولا يزال يمكنه تجميع الحرارة حتى لو لم يكن هناك اشعاع Insolation شمسي .

- بجمل المجمع عاريا (بدون غطاء زجاجى أو عزل) يعطى فرصة للرياح أن تزيد من سعة تجميع الحرارة لسطح المجمع .

- أمكن - خلال هذه التجربة - الحصول على سعة تسخين تعادل حوالى ٣٥٠٠ وات - وبمتوسط معامل أداء ٣.٦ - وذلك من الظروف الجوية المقلدة (المحاكاة Simulated) للنظام فى التشغيل السنوى .

- أمكن اكتشاف حقيقة وهى أن الطاقة الشمسية المذاة يمكنها تمويش درجة حرارة التبخير ومن ثم تعطى للنظام معامل أداء COP عال .

- أن تحميل السعة Capacity Modulation للضاغط (الكباس) مع ماف التمدد الكهربى هو الوسائل الفعالة للوصول بالنظام الى معامل أداء عال ولاكتساب سعة تسخين عالية - وعلى الاخص - فى فصل الشتاء .

لانيا : بيوت الطاقة الشمسية الخاملة

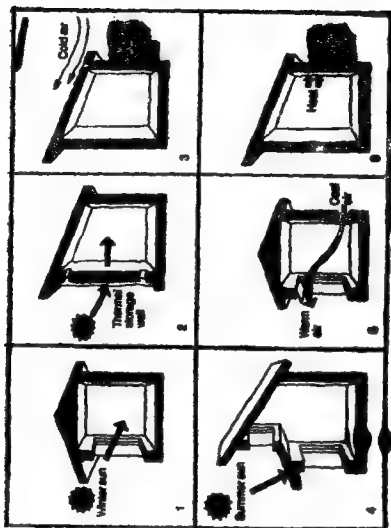
يمنى « البيت الشمسى » للاستفادة القصوى من اشعاع الشمس ترشيدا للطاقة التقليدية فى اغراض التدفئة (سواء الغاز الطبيعى - النفط أو الكهرباء) علاوة على زيادة وسائل الراحة داخل هذه المنازل • ويمكننا التعرف على هذه البيوت بعلامها المعروفة وهى دائما ذات توافذ كبيرة على واجهتها الجنوبية • ويجب أن نفرق بين هذه البيوت أو المنازل وتلك التى تتركب سخانات ماء شمسية على اسطح منازلها أى تستخدم نظاما شمسية فعالة وليست خاملة •

ولقد بدأ الاهتمام بتصميمات - ومن ثم انشاء هذه المنازل منذ فترة قصيرة - اثنى عشر سنة تقريبا - أساسا للاقتصاد فى نفقات التدفئة المنزلية حيث أنه يقدر استهلاك الأسرة بما يتراوح ما بين ٢٥٪ الى ٤٠٪ اجمالى استهلاكها فى المناطق المعتدلة (البحر الأبيض المتوسط مثلا) وتزيد هذه النسبة كثيرا فى البلاد الباردة • ولعل أزمة الطاقة المالية فى أوائل السبعينات من هذا القرن تمخضت - ضمن ما تمخضت عنه من تقنيات حديثة فى مجالات عديدة - عن تقنية بل تخصص جديد فى مجال التصميم المعمارى وهو تصميم البيوت الشمسية وتخطيط المدن الصحراوية والمدن السياحية التى تتكون من هذه البيوت •

والبيوت الشمسية فى الحقيقة تختلف كثيرا عن البيوت التقليدية الأخرى وتزيد عن مثيلتها بما يتراوح ما بين ١٠٪ الى ٢٠٪ من اجمالى تكلفة الانشاء هذا ويمكن إعادة تجهيز المباني القائمة بالنظام الشمسى الخامل بنجاح •

ولا تقتصر مزايا البيوت الشمسية الخاملة على اقتصاد ما يتراوح ما بين ٦٠٪ الى ٨٠٪ من تكاليف التدفئة الشتوية فحسب بل أنها تقلص من نفقات التبريد (التكييف) وكذلك الانارة حيث تكون أكثر برودة فى الصيف وأكثر اضاءة •

واختيار الجهاز الشمسى الخامل لكل بيت هو فن رفيع اذ يجب على المهندس المعمارى أن يدرس متطلبات وعادات وتقاليده كل قاطن (ساكن) لهذا البيت • كما يدرس الظروف المناخية والطوبوغرافية المحلية ودرجات الحرارة داخل البيت وتقلبات درجات الحرارة ما بين الليل والنهار كذلك عليه أن يأخذ فى اعتباره أيضا النباتات المحيطة بالمنزل • وبذلك تكون العناصر الشمسية (أى الداخلة فى تصميم المنزل الشمسى الخامل) أكثر فعالية وأقل تكلفة عند دمجها أثناء مراحل تخطيط البيت •



(شكل ٢ - ٩)

للاملاح انصبغية للمنزل الشمسى الحامل الذى يمتد عن التصميم الهيكل أكثر من الوسائط الميكانيكية وذلك للتحكم فى الطاقة الشمسية المستغلة فى التسخين أو التبريد • فقد التسخين تسمح الضبابيك الزجاجية الكبيرة (أو الأبواب الزجاجية) لقوى الشمس بالدخول لتدفئة السطوح والفراغات الداخلية و (١) جدار التخزين الحرارة والذي يسخن مباشرة بأشعة الشمس ويشع الحرارة الى داخل المبنى (٢) وبناء الجانب الشمال (البحرى) من المنزل ناحية الجبل يقى داخل المبنى من الرياح الشمالية •

وبالنسبة للتبريد فان تصميم الميز الشطع مع التحديد الدقيق لفرعات النوافذ يحى التواء من سرور الشمس (٤) وتسمح الهوائية للهواء الساخن المساعد للخروج ودخول الهواء باره من الخارج (٥) والتلامس مع الكتلة الأرضية (الترايية) يسمح بانتقال الحرارة اليها (٦) •

كيفية عمل وتكوين جهاز الطاقة الشمسية الخاملة :

أولا : اجهزة التجميع : تستخدم هذه الأجهزة أساليب رئيسيين للتجميع هما :

التجميع المباشر : وهو أبسط الأساليب وأكثرها نجاسا - حتى الآن - وهو يسخن الهواء داخل المنزل بصورة مباشرة • وعادة ما يتم ذلك من خلال نافذة جنوبية • ألا أنه يتبقى التغلب على هيج وحر الصيف عن طريق - مثلا - عمل فتحات يسطح المنزل أو عمل أغطية متحركة أو أنواع أخرى من المظلات •

والتجميع غير المباشر : بتحويل الحرارة - من خلال مجمعات متعددة - وعادة ما يتم من خلال التوصيل باستخدام جدار للتجميع مطلي باللون الأسود ومغلف بطبقة خارجية شفافة وينقل الجدار الحرارة من خلال فتحات خاصة بالجدران وبالإضافة الى المجمعات (أجهزة الامتصاص) تشمل المتطلبات الأخرى لببيت الطاقة الشمسية الخاملة على وحدة تخزين - كالخزان الحرارى أو كتلة المبنى نفسه لاطلاق الحرارة داخل المنزل فى المساء • وتشمل أيضا عامل توزيع مثل المروحة أو القناة - ثم المزل الحرارى الصحيح والذي يعتبر بالغ الأهمية لنجاح هذا النظام الا أن هذا النظام قد يكون منخفض الكفاءة ويخلق حرارة زائدة فى الصيف •

ويتوقف استخدام أى من الزجاج العادى أو الألياف الزجاجية للتغليف على الجدوى الاقتصادية لإنشاء البيت •

والتجميع غير المباشر بأسلوب الإشعاع المتفصل : حيث يتحول الهواء الدافئ من عناصر تجميع خارجية عبر قنوات أو مسالك أو بواسطة المرواح وتشمل المجمعات على مدافئ ذات أسطح زجاجية ومجمعات هوائية (أى شرفة أو نافذة مغلقة بالزجاج) أو مصابيد لأشعة الشمس (تشبه جدران التجميع ولكنها مبنية - غالبا - على السطح) •

ثانيا : وحدات التخزين : تستعمل الخزانات الحرارية لسد الفجوة الزمنية ما بين الامتصاص أثناء النهار وتبديد الحرارة أثناء الليل • وهى مصنوعة من مواد ذات قدرة حرارية عالية مثل الجيرازن والأرضيات الداخلية السميكة والجدران الخارجية - اذا كانت معزولة حراريا - أو الحصى المدفونة تحت لترية السفلية • أما كتلة المبنى فتخفف التقلبات الحادة فى درجات الحرارة •



منزل شمسي شامل من الداخل

(شكل ٢ - ١٠)

(١) بواله مزدوجة والتي تخلق ما يطلق عليه « المنزل الأخضر » حيث يسحب الهواء الدافئ من خلال عواية أعلى الباب ويختزن في فرش صخري أسفل غرفة الطعام - ويمود الهواء البارد - والذي فقد حرارته داخل الصبغور - إلى المنزل الأخضر خلال الهوايات في بير السلم • (٢) يمكن أن يسكون للمنزل الشمسي الحامل مزايا جمالية علاوة على إفرايها الاقتصادية • فالمساحات الكبيرة من التوالد التي تواجه ناحية الجنوب (القبلىة) تجعل المنظر الداخلي يبدو للمنزل مضيقاً وبارحاً (واسعاً) •

ثالثا : وسائل تحريك وحدات توزيع الهواء النطاري : من وحدات التجميع والتخزين الى المناطق المطلوبة داخل المنزل . وقد تشمل هذه الأجهزة أو الوسائل فتحات الجدران وقنوات متكاملة أو مراوح جدران صغيرة .

رابعا : أجهزة التعقيم أو المسائلة : وهي عبارة عن وحدات تدفئة مساعدة تستخدم في الأيام الغائمة أو أثناء تقلبات ضوء الشمس الموسمية .

خامسا : عناصر العزل والانعكاس : وهي من شأنها أن تقلل احتياجات التدفئة بشكل عام وترفع من درجة كفاءة الطاقة الشمسية الخاملة كما تمنع دخول الهواء الخارجي البارد وكذلك تسرب الهواء الداخلي الدافئ .

سادسا : أساليب التبريد الصيفية : وهذه الأساليب تقدم حلول ميكانيكية ومعمارية لتحديد عناصر التجميع والتوزيع في فصل الشتاء . ولهذا الغرض قد تستخدم نتوءات السطح والمظلات والنوافذ والأبواب الغائرة (الفاطسة) والأغطية المتحركة والستائر ومعلقات الزينة .

هذا ويمكن الحكم على كفاءة أداء البيت ذي الطاقة الشمسية الحاملة من خلال مؤشرين هما :

١ - **جزء التدفئة الشمسية :** وهو النسبة المئوية لاحتياجات التدفئة التي يزودها جهاز التدفئة الخامل .

٢ - **تقلبات درجة الحرارة المقاسة :** وتشمل الحد الأدنى - الحد الأقصى - ومتوسط درجات الحرارة الداخلية اليومية وجميعها تبين على شرائط للمراقبة .

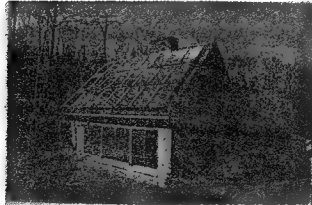
ولعل التجول في البيت البارد صعبا والدافئ شتاء هو خير برهان - بالادراك والحس الطبيعي لقاطن هذا البيت - على نجاح تصميمه ليعمل بالطاقة الشمسية الخاملة .

اعتبارات تصميمية : يمكن استرداد نفقات جهاز الطاقة الشمسية الخاملة - ومن خلال التخطيط المناسب - ما بين ٣ الى ٥ سنوات . وهذا يتوقف على عناصر التصميم المنتجة . فمثلا بالنسبة للأجواء المعتدلة - بمنطقة البحر المتوسط والمشمسة مثلا - نجد أن النوافذ المزدوجة الزجاج



(شكل ٢ - ١١)

حتى الكهوف التي كان يسكنها الأمريكيون القدماء تبين انهم استخدموا تصميم البيت الشمسي الجاهل في بلدة « ميسا فورد » بولاية كولورادو . حيث تسمى الصخور الكثيفة من حرارة الشمس في الصيف بينما تسمح بمرور أشعة الشمس المنخفضة) بانور خلالها .



(شكل ٢ - ١٢)

للجيمات الشمسية هي دليل أو تعني نظاما شمسيا فعالا حيث تؤدي دور سخان المياه وكذلك التدفئة المنزلية . إلا أنه لابد من توافر نظام تسخين تقليدي لمراعاة فترات القصور وكذلك مصدر كهرباء تقليدي للإنارة والتطبيقات الأخرى .

قد لا يكون هنالك ما يبررها من الناحية الاقتصادية على كل فإن الأخذ في الاعتبار ما مقداره ٧٠٪ من الحد الأقصى لاحتياجات التدفئة الشتوية - أثناء تركيب أجهزة الطاقة الشمسية الخاملة يجب أن يكون كافيا لمعظم مواسم الشتاء مع الاستعانة بدفايات صغيرة مساعدة - تعمل بالكهرباء أو النفط أو الغاز - للأيام الغائمة أو فترات البرد الشديد .

وبطبيعة الحال فإن الظروف المحلية - للمنزل الشمسي - مثل درجة الحرارة - الإشعاع الشمسي - وحدة الظروف المناخية الشتوية والصيفية تتفاعل جميعها مع عناصر التصميم مثل العزل والتهوية بالنسبة لبلاد حوض البحر الأبيض المتوسط مثلا فعلى الرغم من أن متوسط الحد الأقصى لدرجات الحرارة فيها قد يصل الى ٣٥ درجة مئوية تقريبا (أو أقل أحيانا) إلا أنها - وفي كثير من الأحيان - تحتاج الى حلول لمشكلة الحرارة في الصيف مثل مظلات النوافذ الخارجية والبناء بكتلة حرارية كافية (مثل جدران الأسمنت المسلح السميك) تحتفظ بالحرارة حتى الأمسيات الباردة ودورة الهواء الطبيعية أو المصطفة .

وكمثال واقعي لمنزل الطاقة الشمسية الخاملة : سنضرب هنا

مثالين :

الأول صمم ليصم بنظام للطاقة واقيم في احدى دول البحر المتوسط بلغت مساحته ١٧٠ متر مربع يقع خلف مباني تقليدية مؤلفة من عدة طوابق ووراء سياج خضراء . وهو اضافة على الطابق الثاني لمنزل مؤلف من طابق واحد (مثلا) متوسط العمر وكانت تظلل المبنى (العمارات) المجاورة لذا كان البرد قارسا أثناء الشتاء . ويتكون تركيب نظام الطاقة الشمسية الخاملة من ثلاثة نوافذ من مجموعات مختلفة بالاضافة الى عازل بسمك خمسة سنتيمترات حول المبنى بكامله وأجهزة النوافذ الثلاثة سهلة البناء والتشغيل وتمد البيت بضوء النهار كما تلامس الشتاء والصيف .

وتحتوي مجموعة النوافذ الأولى - وهي نظام النوافذ القبلية - على نوافذ بسيطة ذات لوح زجاجي من طبقة واحدة مع اغطية متحركة في غرف الأطفال . ومع أن هذه النوافذ اقتصادية (مع عزل اضافي تقدمه الاغطية المتحركة عند الضرورة) إلا أنها تقتصر على الغرف المواجهة للناحية القبليّة (الجنوب الجغرافي) . ويجب التنظف على الوهج وتلف أو اندثار الاثاثات . كما أن النظام ليس آليا . لذا فإن درجة حرارة الغرفة تنضب - دون تعديل يدوي - بوضع درجات في اليوم .

ويتألف النوع الثانى من النظم الشمسية الخاملة من صنفين من النوافذ المتوازية يفصل بينهما ٧٠ سنتيمتر من الأضلاع الأسمنتية . ويستخدم النوافذ الداخلية والخارجية المنزلقة عموديا فى الصيف لاجتذاب دورة الهواء . يتسرب الهواء الساخن الى الخارج من خلال الجزء العلوى من النوافذ المفتوحة فيخلق بذلك تأثير فنتورى Venturi Effect الماص حتى فى الأيام التى تنعدم فيها الرياح . وتضيف الأضلاع الأسمنتية الداخلية السمكة كتلة حرارية وتحفظ بالحرارة فى الشتاء علاوة على توفير مظلة فى الصيف . وتنحكم النوافذ بدرجة حرارة الغرفة فى جميع الفصول بشكل أفضل مما تنحكم فيها نافذة مباشرة قبيلة . ويزود الجدار بفتحات تسمح بدخول ضوء النهار كما تنحكم فى التصعد الهوائى Air Lift

أما الغرف التى لا تواجه الجنوب (الناحية القبلىة) فتتلقى احتياجاتها من منشأة ضخمة هى نظام الفراغ الشمسى المركزى ذى النوافذ وهو عبارة عن فراغ مغلق بالزجاج بين سطحين منحدرين وصممت منطقة التجميع لتلائم المناطق عالية الكثافة قليلة الارتفاع فى المدن وترتفع فوق ظل المنشأة المجاورة وتجمع الهواء الساخن أثناء الشتاء عند اغلاق النوافذ الزجاجية المنزلقة ويحول الهواء الى غرفة الجلوس بالتصعيد القسرى Inertial Lift من خلال مرواح - الى قناة مبنية بحيث تؤدي الى أسفل . وعن طريق نفق أفقى يؤدي الى غرف النوم الثلاثة والأكثر انخفاضا . وفى الصيف تفتح نوافذ الفراغ الشمسى للسماح بارتفاع الهواء الساخن وخروجه محدثة « تأثير مدخنة طبيعية Natural Chimney Effect » .

وفى هذا المنزل استعمل الضوء الطبيعى كلما أمكن فتمتزج مركبات الطاقة الشمسية الخاملة مع التصميم الداخلى للمنزل فمثلا يخصص ركن الطعام أمام نافذة قبلىة كبيرة حتى يمكن أن تغمره بضوء الشمس فى الأيام الباردة .

وتعطى أهمية خاصة لدورة الهواء داخل هذا المنزل عن طريق التصعيد الطبيعى والقسرى ففتح البيت فى الصيف يزيد التهوية . أما عزل الجدران الخارجية فيخدم غرضا مزدوجا :

- أولا لما كانت درجة حرارة المنزل جيدة - المزل - تختلف عن درجات حرارة الهواء الداخلى بدرجة مئوية واحدة فقط مقابل فرق يتراوح ما بين ٣ الى ٤ درجات مئوية للجدران غير المعزولة فإن من غير المرجح أن يجع الجدار أى ماء متكاثف .

- ثانياً : أنه يمكن للجدار البارد أن يجعل الغرفة تبدو أكثر برودة فإذا كانت درجة الحرارة - الحقيقية هي ٢٠ درجة مئوية . فإنها تبدو وكأنها ١٨ درجة مئوية إذا كانت درجة حرارة الجدار تقل ٤ درجات عن درجة حرارة الغرفة .

والثال الثاني : وهو متاح في الأسواق الانجليزية وهو عبارة عن بيوت مصممة تعتمد على كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والبيوجاز لتوفير احتياجاتها من الطاقة الا أن فريقاً من العلماء والمهندسين بجامعة كامبردج البريطانية أجرى أبحاثاً - على نطاق محلي - والمأمول أن تتم التصميمات لتناسب المناطق المختلفة من العالم - وذلك لتطوير التصميمات بحيث تكون أكثر راحة وأوفر استهلاكاً للطاقة ويسمى هذا المشروع باسم "THE Autarkie House" وهو يستهدف تصميم منزل اقتصادي في استهلاكه للطاقة ويتلائم مع ظروف مصادر الطاقة المحيطة به . وتشمل الطرق المستخدمة في هذا المشروع تحسين تكنولوجيا العزل ومراجعة مقاييس الوحدات السكنية والاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية مع تحسين تصميمات مولدات الطاقة الهوائية Aerogenerators مع الاستفادة القصوى من حرارة الماء أو الهواء الخارج . هذا إضافة الى الاهتمام بنواح أخرى مثل علم اعتماد المنزل على مصادر خارجية للمياه والصرف وذلك بالاستفادة من الرواسب والنفاية بإعادة استخدامها .

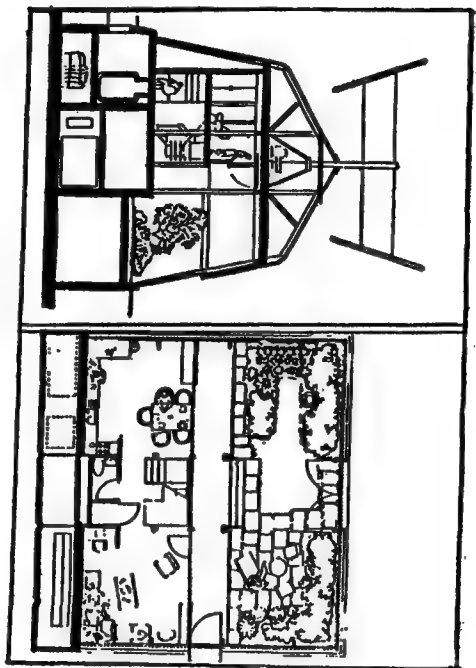
تصميم المنزل : يستخدم هذا المنزل - المبين بالشكل (٢ - ١٣) . الطاقة الشمسية (المباشرة) للأغراض التالية :

١ - توفير الحرارة اللازمة لتدفئة مكان محدد - وليكن غرفة المعيشة اليومية - في الشتاء وبعض الأوقات الأخرى من العام إذا لزم الأمر .

٢ - توفير الحرارة اللازمة لتدفئة الجزء الآخر من المنزل في أيام محددة على مدار العام .

٣ - لتسخين المياه اللازمة للاستخدام المنزلي المعتاد .

فبينما تستخدم بعض البيوت الشمسية الأخرى - إضافة الى تخزين الطاقة الشمسية في فصول السنة الأخرى الدافئة - الشمابيلك القبلية مع حوائط سميككة لامتصاص الإشعاعات الشمسية نهارة للاستفادة



(شكل ٨ - ١٣)

النمط الحديث والدارجى للبيت القمى (دارك) من قسم جامعة القاهرة المعمورة المعمورة

منها ليلا فائتا نرى أن التصميم الجديد يفصل بين الوظيفتين وذلك بفصل الحيز الفراغى الى مكان أساسى لازالة المعيشة اليومية - ولا توجد به نوافذ قبلية - وحيز آخر • للاستخدام عند اللزوم فقط به نوافذ قبلية بفرض تخزين الطاقة الشمسية • ويفصل بين الحيزين حائط رقيق مزود بفواصل (أبواب) مغطاة بطبقة سميكة من العزل الحرارى • فعند اغلاق هذه الفواصل يصبح المنزل عبارة عن حيز محكم الاغلاق ذى نسبة فقد حرارى منخفضة • ويجدر التنويه هنا الى أنه بالنسبة لمعطيات معينة من درجة الحرارة المحيطة ونسبة استفادة محددة من الطاقة الشمسية للخرزان الشمسى فان كمية الطاقة من الخزان الحرارى - عند فتح الفواصل (الأبواب) لاتزيد بشكل محسوس عنها فى حالة اغلاقها ومن ثم يعطى هذا التصميم الجديد حرية وحيزا أكبر للسكان عنها فى التصميمات الحالية •

ولقد قام المصممون بوضع برنامج متكامل للتصميمات على الحاسب الالكترونى الرسمى بلغة فورتران (1200 Fortran Statements) تكون المعطيات فيه هى : كمية الحرارة المنقولة عبر الحائط - الابعاد - نظم الحرارة والتهوية المستخدمة - مساحة الحيز - مساحات مجمعات الاشعة - حجم التخزين ... الخ •

والجدير بالذكر أن الدراسات التى أجريت على التصميم الجديد اظهرت حقيقة مثيرة وهى أن استهلاك الطاقة اللازمة لتدفئة المنزل - فى بلد شديد البرودة مثل بريطانيا - أقل من الطاقة اللازمة لاحتياجات التسخين وهذا عكس ما هو معروف بالنسبة للتصميمات المتاحة تجاريا فى الوقت الحالى •

مياه التسخين اللازمة للمنزل :

تستخدم الطاقة الشمسية لتسخين المياه للاحتياجات المنزلية المختلفة وبطبيعة الحال يستعاض عن الحمامات التى تستخدم ماء ساخن قبل الاستحمام • بالدرج • لما فى ذلك من وفر فى المياه والطاقة فى نفس الوقت كذلك يتم تعديل ماكينات غسل الملابس بحيث تسمح باستقلال حرارة المياه الخارجية الدافئة ويقدر الوفر فى الطاقة نتيجة لذلك بحوالى ٢٥٪ • وحيث أن أحد الأهداف الرئيسية للمشروع هو الاستقلال عن أى شبكة خدمات خارجية فمثلا لتجنب استخدام الكهرباء فى التسخين يمكن الاستفادة من الراجع الحرارى للمياه الدافئة بفعل استخدام

مبادلات حرارية خاملة Passive Heat Exchangers ونظرا للطبيعة غير المنتظمة Intermittent لتدفق المياه فانه يمكن افتراض ان معامل الاستفادة بالراجع هو ٢٥٪ فقط وفي الظروف الطبيعية يمكن الاكتفاء باستخدام مضخة حرارية صغيرة لها القرض .

الطاقة الكهربائية اللازمة للمنزل :

تشمل تطبيقات الطاقة الكهربائية - داخل هذه المنازل - المضخات الشمسية ومراوح الهواء اضافة الى الاستخدامات الأخرى من اضاءة - راديو - تليفزيون - أجهزة السيطرة والتنبيه والتحكم - الثلاجات . . . يمثل هذا التصميم بحوالى ٢٠٠٠ كيلووات ساعة سنويا . وذلك الخ . ويقدر المتخصصون الطاقة اللازمة لمثل هذه الاستخدامات . لمنزل بافتراض استخدام غاز الميثان الناتج من حرق الفضلات المنزلية لتزويده أغلب الطاقة اللازمة للطهي وبطبيعة الحال يمكن الاقتصاد أكثر في استخدامات الطاقة باتباع بعض الاجراءات البسيطة مثل زيادة سمك طبقات العزل الحرارى أو توجيه الثلاجات أو المجمدات Freezers بحيث تقع المواسير فى الظل ويجوار الحوائط البحرية مثلا .

ولقد قام الاخصائيون بجامعة كامبردج البريطانية بدراسة امكانية استخدام المصادر البديلة لتوليد الطاقة الكهربائية وكان استخدام الطاقة الشمسية المباشرة أول هذه البدائل ولكن نتائج الدراسة فى هذا المجال أثبتت ارتفاع التكاليف اللازمة ومن ثم اتجهوا الى استخدام طاقة الياح . وبعد دراسات احصائية دقيقة لسرعة الرياح على مدى خمسة أعوام قام المهندسون بتصميم توربين هوائى اتساعه ٦ متر وارتفاعه ٤ متر . ورؤى الانتفاع بالحرارة المولدة داخل المولد الكهربى وذلك بوضع التوربين داخل المنزل ويمكن التحكم فى القدرة القصوى الخارجة من المولد من خلال التحكم فى سرعة التوربين فمثلا يمكن تصميم مولد كهربى قدرته الظاهرية ٦ كيلو فولت - أمبير ليفذى بطارية (نيكل - كادميوم) لتستخدم ليله التشغيل وكذلك بطارية تخزين رئيسية سعتها ٥٠ كيلو وات . ساعة (رصاص - حامض) ومقوم عكسى Inverter سعة ٢٥ كيلو وات . ويمكن أن يفذى هذا القوم الاحتياجات الكهربائية للمنزل من خلال دائرتى تيار متناوب احدهما رئيسية لتغذية الأحمال الرئيسية (مثل المضخات وبعض دوائر الاضاءة) والدائرة الأخرى لتغذية الأحمال الكهربائية التى يمكن فصلها (طرحتها)

آليا حيث أن استخدام مقوم عكسي كبير يفي بكل الاحتياجات المنزلية قد يكون غير اقتصادي .

وجدير بالذكر فانه يمكن - في فترات الحمل المنخفض على المولد - تفذية سخانات كهربائية وتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية يمكن تخزينها في الخزانات الحرارية الملحقة بالمنزل .

ثالثا : البرك الشمسية

البركة الشمسية هي بحيرة من صنع الانسان تتصيد الطاقة الشمسية وتخزنها .

فإذا أضفنا الى البركة الشمسية مجموعة مولد توربينى لتحويل المياه الدافئة - بفعل حرارة الشمس - الى كهرباء . هذا يكون لدينا محطة توليد كهرباء من بركة شمسية .

وهناك حقيقة طريفة وهي على الرغم مما يبدو لنا جميعا من بساطة أشعة الشمس الا ان الاستفادة المباشرة منها - وهي أبسط موارد الطاقة - فقد تم ابتكار أجهزة لذلك معقدة جدا . فالجينات القوتوفولطية والهليوستات (أى المرأة الدوارة التى تعكس الشمس فى اتجاه واحد) التى يتحكم فيها الحاسب الالكترونى (الكمبيوتر) ومحطات الطاقة الشمسية المدارية (الفراغية) كلها شواهد على البراعة اللازمة لتحويل أشعة الشمس الى طاقة مفيدة . وعلى الرغم من ذلك فهناك أساليب أسهل وأيسر للاستفادة عمليا من أشعة الشمس . وهي أساليب قد تكون ذات كفاءة تحويلية Conversion Efficiency النسبية يمكن أن تعود بالربح من خلال التكلفة الاستثمارية المنخفضة . وأحد هذه الأساليب هو البرك الشمسية المألحة لتخزين طاقة الشمس التى يمكن تحويلها بعد ذلك الى طاقة كهربائية من خلال مولدات خاصة .

والمبدأ الاساسى للبرك الشمسية غاية فى البساطة حيث تتم تفذية بركة ماء من صنع الانسان بواسطة الشمس فتخزن الحرارة التى يمكن أن تستخدم لإدارة توربينات بخارية ذات تصميم خاص .

وجدير بالذكر فانه لا يمكن أن يكون كل جسم مائى بركة شمسية . فالبركة العادية تحتوى على ماء ذى كثافة متجانسة فى جميع انحاء البركة وتتم أشعة الشمس عبر الماء فتسخن طبقات البركة السطلى فتصبح

المياه السفلى الأدفا أخف كثافة وترتفع الى السطح ليحل محلها مياه باردة أثقل منها تأتي من طبقات البركة العليا . وتسبب حركة المياه هذه تيارات حمل حرارى توزع الحرارة بسرعة فى جميع أنحاء البركة وتمنع أى جزء منها من الوصول الى درجة حرارة عالية .

لما البركة الشمسية فهي غير ذات حمل حرارى . فالمالح المذاب يجعل الماء فى قاع البركة أثقل من حيث الكثافة من الماء الذى فى أعلى البركة . ويزداد تركيز الملح (ومن ثم كثافته) كلما ازداد العمق . ويخترق الاشعاع الشمسى البركة ويسخن الطبقات السفلى من الماء وتصبح هذه الطبقات أعلى حرارة لكنها لا ترتفع الى السطح لأنها أكثر وأثقل من الطبقات العليا . وبهذا « تحتزن » الحرارة فى قاع البركة .

ونظرا لعدم وجود تيارات حمل حرارى لتوزع الحرارة فان درجة حرارة الطبقة السفلى يمكن أن ترتفع الى درجة الفيلان تقريبا . وتكون هذه الطبقة السفلى من الماء المالح - والتي يطلق عليها « منطقة التخزين » فى البركة وهي عنصر جمع الطاقة للنظام . وتبقى الطبقة العليا من البركة باردة بينما تكون الطبقات الوسطى الطباقية بمثابة عازل ممتاز لمنع فقدان الحرارة .

ومن أمثلة البرك الشمسية المعروفة مثل بحيرة « هوت ليك » فى أورفيل بولاية واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية . وكذلك فى المديد من بلاد العالم . والمجر - رومانيا - فنزويلا وكذلك فى القارة القطبية الجنوبية .

ولأجل تخزين الحرارة ينبغي حماية البركة الشمسية من الرياح وكذلك العوامل الأخرى التى قد تؤثر على بنيتها الطباقية - فمثلا (سولت ليك) الكبرى فى الولايات المتحدة والبحر الميت لا يمكن اعتبارها بركا شمسية وذلك على الرغم من التركيز العالى للملح فيها ويرجع ذلك للاضطراب الناجم عن الرياح والذى يمنع طبقات بها .

للتغلب على مشكلة الرياح فقد صمم العلماء شبكات من البلاستيك توضع فوق سطح البركة لتنفذ على سطحها لتمنع الرياح من أن تهيج مياهها بل يمكن ايجاد سبل للسيطرة على نمو الطحالب فى البرك - الأمر الذى يمكن أن يحجب أشعة الشمس عن البركة ومن ثم يقلل من كفاءتها .

اعتبارات الموقع : قبل البدء فى إقامة بحيرة شمسية جديدة فى موقع معين ينبغي تقييم بعض العوامل الهامة فى هذا الموقع مثل :

الاشعاع الشمسى - الأرض المتاحة وطبيعتها - نوع وكمية الأملاح والمياه -
 منسوب المياه الجوفية - ومدى صلاحية وضع harshness and Fragility
 البيئة المحيطة هذا الى جانب تقرير - وطبيعى يديهيا . اذا ماكان المتاح
 من الضوء الشمسى كاف لجعل هذا المشروع (مشروع البركة الشمسية)
 ذى جدوى اقتصادية . وتتوقف هذه الكمية على كل من تكلفة مكونات
 البركة وكذلك التطبيقات المستهدفة من المشروع فينبغى وجود مساحة
 كافية للبركة لتجميع كميات كافية من الطاقة لمواجهة متطلبات الأحمال .
 وكأى مشروع يحتاج الى مساحات كبيرة من الاراضى فيفضل - من وجهة
 لنظر الاقتصادية - اختيار المواقع بعيدا بقدر معقول عن العمران (ومن ثم
 تقل تكلفة الأرض) ولكن مع الأخذ فى الاعتبار تكلفة نقل الطاقة
 الكهربائية المولدة الى المناطق المأهولة والتي تزيد بطبيعة الحال كلما
 ابتعدنا عن مناطق الأحمال الكهربائية .

وينبغى أن يكون متاح لدينا كميات كبيرة من الملح وبسعر رخيص
 ولقد استخدمت الأملاح - مثل كلوريد الصوديوم - كلوريد الماغنسيوم
 أو حتى الملح الطبيعى المتواجد فى مياه البحار - لتكوين البرك الشمسية .
 وأن كان هنالك أنواع أخرى يمكن استخدامها مثل نترات البوتاسيوم -
 البوران وكبريتات الصوديوم . وإن لم تتوافر خبرات كافية عنهم .

ولا بد من توافر - وبكمية كبيرة - الماء منخفض الملوحة - لتكوين
 التدرج المالحى - أصلا (من البداية) - وكذلك من وقت لآخر لتنظيف
 flushing سطح البركة خلال الفترة الطويلة لعملها . وفى هذا
 الصدد نستشهد أو نضرب مثلا بكل من مياه البحر والماء الاخصم
 (الضارب الى الملوحة (Brackish Water)) ذى الملوحة المنخفضة .
 فإذا كانت المياه السطحية تستخدم للتخلص من الملح الذى ينتشر فى
 السطح فان متطلبات الماء ستكون - نسبيا - ضئيلة حيث سنحتاج فى
 هذه الحالة الى الفسيل (أو التنظيف) الدورى كل بضع سنوات من
 التشغيل . أما فى المواقع التى تتميز بمعدل عال فى البخس
 Evaporation فتكون كميات المياه المطلوبة أكبر وبشكل مستمر
 لتعويض البخس .

ووجود مياه جوفية Water Table متحركة أسفل أى بركة
 شمسية من شأنه أن يكون ما يسمى بالبالوعة الحرارية Heat Sink
 تمكن من تدفق الحرارة من قاع البركة الى الأرض ومن ثم فهى تمثل
 سببا (أو مصدرا) - لا يستهان به - لفقد الطاقة الحرارية . أما إذا

كانت المياه الجوفية تبعد عن أسفل قاع البركة بمسافة كبيرة أو إذا كان تدفق المياه من بئر المياه الجوفى الى خارجه يتم بمعدل بسيط فان الفاقد فى الطاقة الحرارية يصبح بسيطا ومن المتطلبات الأساسية - عند اختيار موقع البركة الشمسية - أن تكون التربة - ما بين قاع البركة وسطح المياه الجوفية - جافة حيث أن التربة الرطبة يكون لها درجة توصيل حرارية Thermal Conductivity عالية ومن ثم تزيد الفاقد من الطاقة الحرارية .

وينبغى كذلك - عند اتخاذ قرار بصلاحية موقع لاقامة بركة شمسية - الأخذ فى الاعتبار عوامل الطبيعة مثل الأنشطة الزلزالية أو التعرض للرياح الترابية العنيفة والتي من شأنها اتخاذ اجراءات زائدة لمنع انهيار أو تدحور البركة بعد اقامتها .

كذلك فان البيئة التى تتميز بمعدل رطوبة منخفض قد تتطلب اما اقامة نظام لكبت - أو خمد التبخر Evaporation Suppression أو ترتيب نظام لتعويض الكميات الكبيرة من المياه السطحية الفاقدة نتيجة البخر .

ومن الاعتبارات الضرورية - عند اتخاذ قرار باقامة بركة شمسية - الأمطار الزائدة (الغزيرة) العواصف الترابية - وكذلك أى ازعاجات للبركة من قبل الانسسان أو الحيوانات . ومن ثم لابد من ترتيب احتياطات لذلك .

كل ما سبق سرده من احتياطات واجبة يجب ترجمته الى تكلفة زائدة - لمواجهة مثل الظروف البيئة - ومن ثم فتأثيرها - سلبيا - على اقتصاديات أى مشروع لإنشاء بركة شمسية .

توربينات البرك الشمسية (بلون بغار)

تدار التوربينات البخارية التقليدية - والتى تستخدم لتوليد الكهرباء - بالبخار الذى تصل درجة حرارته الى حوالى من ٤٩٠ - ٥٦٥ درجة مئوية تقريبا . أما الماء فى البرك الشمسية فقلما تتجاوز درجة حرارته ٨٠ (ثمانون) درجة مئوية فقط . ١٠٠٠ . إزاء ذلك فالحاجة إذن ملحة لإيجاد وسيلة أخرى - غير تقليدية - لتحويل هذه الحرارة الى كهرباء . ووجد المهندسون أن أحد الحلول يتمثل فى « توربين دورة رانكن » الذى يستخدم السوائل المضوية التى تكون نقط غليانها أقل من نقطة غليان الماء .

وتشكل البركة الشمسية والتوربين محطة توليد ذات تكلفة تشغيلية منخفضة الا انها ذات كفاءة منخفضة في مقابل ذلك . فالبركة تحتجز مثلا حوالى ٢٠٪ من الاشعاع الساقط عليها بينما تصل كفاءة التوربين الاجمالية الى اقل من ١٠٪ (٨٥٪ كحالة واقعية) . الا اننا ينبغي الا ننسى ان البركة الشمسية في هذه المحطة - تعمل كذلك كجهاز لتخزين الطاقة كما تكون مجعما كذلك وبذا يمكن للمحطة ان تواصل توليد الطاقة الكهربائية أثناء الليل وكذلك أثناء الايام الغائمة .

منع التسرب او الانتشاح من البركة الشمسية :

الارتشاح من البركة الشمسية يشبه تسرب الزيت من الآلة . ففي كلتا الحالتين نفقد قلنا كبيرا من الطاقة . لذلك كان احكام سد قاع البركة أمرا ضروريا . الا ان تلك كانت - وحتى عهد قريب - عملية باهظة التكلفة . وبمواصلة الأبحاث أمكن للعلماء والمهندسون التوصل الى نوع خاص من اللدائن (البلاستيك) للوقاية من هذا التسرب .

الا انه برزت مشكلة أخرى وهي مشكلة الانابيب .. فلكي تجمع الطاقة ذات الكثافة المنخفضة والتي تمدنا بها الشمس مباشرة فلا بد للمجمعات الشمسية - مهما كان نوعها - أن تنتشر فوق مساحة كبيرة . لذلك فما زال نقل الحرارة من الأجزاء المختلفة للمجمع الشمسي الى موقع مركزي يمثل تحديا يتحتم على المهندسين مواجهته بمزيد من المثابرة في الأبحاث للتغلب على تلك المشكلة .

المواقع المناسبة لاقامة برك شمسية بجمهورية مصر العربية

أجريت دراسات ميدية لايجاد أنسب المواقع - داخل جمهورية مصر العربية - لاقامة برك شمسية ووجد أن أنسبها يتركز بشكل كبير في الوجه البحري (بين خطي عرض ٢٩° - ٣١° شمالا) والتي تفي بالشروط الخاصة بكل من كميات الاشعاع الشمسي - اتاحة الاراضى وبمساحات كبيرة اتاحية الأملاح والمياه ذات الملوحة المنخفضة - ومن حيث ظروف وعمق المياه الجوفية وأخيرا الظروف المتعلقة بصلاية البيئة Environmental Harshness . ووجت بالتحديد (أ) مواقع هي :

١ - بحيرة مريوط

٢ - بحيرة ادكو

- ٣ - بحيرة البرلس
- ٤ - بحيرة المنزلة
- ٥ - بحيرة البردويل
- ٦ - البحيرات المرة (قناة السويس)
- ٧ - بحيرة قارون (الفيوم)
- ٨ - وأخيرا منخفض القطارة

والمواقع الخمسة الأولى تقع على الساحل الشمالي (على البحر الأبيض) وبترتيب تصاعدي من الغرب الى الشرق .

عرض لبعض البيانات الهامة اللازمة لالاعمة مشروعات البرك الشمسية بالقاهرة

عن دراسات لتسجيلات هيئة الأرصاد الجوية لجمهورية مصر العربية بالنسبة لمنطقة مصر الشمالية (الساحل الشمالى ودلتا نهر النيل) وجد أن :

فترة استغراق شروق الشمس يتراوح ما بين ٧ الى ١٢ ساعة يوميا .
 كمتوسطات شهرية . بينما المتوسط السنوى يبلغ ٩٥ ساعة سنويا .

وبينت الدراسات التحليلية للاشعاع الشمسى الكلى لمنطقة مصر الشمالية انها تتراوح ما بين ٢٥ الى ٧٥ ك.و.س / لكل متر مربع يوميا وبمتوسط سنوى يبلغ ٥٥ ك.و.س / لكل متر مربع يوميا .

ولاقامة بركة شمسية تجريبية - بمعهد بحوث البترول بمدينة نصر - لتولية قدرة كهربائية مقدارها ٢٠ ك.و. يلزم :

اقامة بحيرة بمساحة ٤٠٠ متر مربع (٢٠ × ٢٠ م) .

اجمالى عمق البركة ٣ متر يقسم تقريبا الى المناطق التالية من أعلى الى أسفل :

- الطبقة السطحية ٣٠ متر
- منطقة التدرج الملحى ١١ متر

— منطقة هامشية (حدودية) ٠٢٠ متر

— منطقة التخزين الحرارى ١٤٠ متر

وقد رؤى عند تقدير عمق البركة أن يكون السمك منطقة تخزين الحرارة المستخلصة من البركة بمعدل ٢٣٢ ك.و. حرارى • ومعدل تدفق الأجاج أو الماء الملحي Brine ٢٤م / ساعة •

وعند تصميم الشكل الهندسى للبركة • وجد أن هنالك عوامل أخرى يجب مراعاتها مثل :

— ميل الجدران الجانبية للبركة • ومن الخيرات السابقة يفضل الميل بنسبة ١ : ١ ويعتقد أن معدل انتقال الملح الى أعلى — خلال منطقة التدرج الملحي — يزداد كلما قل انحدار الجدران • أى أنه كلما كانت الجدران رأسية أكثر كلما قل معدل انتقال الملح الا أن بناء الجدران الرأسية أكثر تكلفة علاوة على أنه من شأنه زيادة الموجات المنعكسة على سطح البركة (وهى غير مرغوب فيها) بينما تميل الجدران المائلة الى التخلص من الظلال Shadows الملقاة على منطقة التخزين للبركة •

ولتهوية الغازات (الفقاعات الغازية الناتجة من تحلل المواد العضوية أثناء عملية تسخين البركة) يفضل أن يتدرج قاع البركة — من منتصفه — الى أعلى بميل بسيط وتهوى الفقاعات الغازية بامرارها تحت بطانة Liner الى الجدران الجانبية •

ويصنع الجسم الداخلى للجدران وكذلك قاع البركة من الخرسانة المسلحة باللدائن المصنوعة من الألياف الزجاجية والتي تصل تكاليفها (أى تكلفة التجلين بهذه اللدائن) الى حوالى ٥ دولار / م^٢ (مقيما بدولار عام ١٩٨٤) وحوالى ٧ دولار / م^٢ عام ١٩٨٩) •

التألق الناتجة فى جمهورية مصر العربية :

تقسم جمهورية مصر العربية — من وجهة النظر الطبوغرافية والمناخية — الى ٦ مناطق هى :

- ١ — منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط وتشمل السلوم — مرسى مطروح — الاسكندرية — بورسعيد — العريش — رفح •
- ٢ — منطقة الدلتا وتشمل مناطق طنطا — المنصورة — التحرير •

- ٣ - منطقة القاهرة وتشمل بهتيم - الماطة - الجزيرة - القاهرة
(المبنى الرئيسى لهيئة الأرصاد الجوية) - حلوان .
 - ٤ - منطقة مصر العليا وتشمل الفيوم - المنيا - أسيوط - الأقصر - أسوان .
 - ٥ - منطقة الصحراء الغربية وتشمل واحة سيوة - الواحات البحرية - الغرافرة - الواحات الداخلة والواحات الخارجة .
 - ٦ - منطقة البحر الأحمر وصيناء : وتشمل الطور - الفردقة - والقصور .
- أما عدد محطات الرصد الجوى المنتشرة فى أنحاء جمهورية مصر العربية فتبلغ حوالى ٩٠ محطة .

رابعاً : تطبيقات شائعة للطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنبعث من الشمس فى درجة حرارة ٥٦٠٠٠ درجة مطلقة ، وتبلغ قيمة هذه الطاقة خارج الجو الأرضى مقدارا يصل الى ١٣٦ كيلوات على المتر المربع فى مستوى متعامد مع اتجاه الاشعاع . وتنخفض قيمة الطاقة فى جو الأرضى لعوامل كثيرة الى قيمة أقصاها ١٢٠ كيلوات على المتر المربع وتصل الى الصفر حوالى نصف الوقت على سطح الأرض .

ويمكن التنبؤ بقيمة الطاقة الشمسية بدلالة الزمن وخط العرض والشهر وطبيعة الجو .

وعلى ذلك فالطاقة الشمسية طاقة غير ثابتة القيمة بالنسبة الى الزمن ووجود السحب وقد تصل الى أكثر قليلا من الكيلوات الواحد على المتر المربع وتوزيعها الطيفى يصل بصفة عامة الى حوالى النصف فى الجزء المرئى وحوالى النصف فى الجزء تحت الأحمر وجزء صغير جدا فى منطقة فوق البنفسجية .

وكذلك تنقسم الطاقة الشمسية من ناحية طبيعتها الى طاقة مباشرة تشع فى حزم من الشمس الى الجهاز المستقبل لها والى طاقة غير مباشرة تصل الى الجهاز المستقبل متناثرة بتأثير السحب والغبار وجزيئات الجو وفى الأيام المشمسمة قد تصل قيمة الطاقة المباشرة الى حوالى ٩٠٪ فى حين تصل الطاقة غير المباشرة فى الأيام الغائمة الى ١٠٪ .

ويمكن تقسيم الطرق المختلفة لاستغلال الطاقة من الناحية العلمية الى قسمين أساسيين :

- الاستغلال الحرارى للطاقة الشمسية .
- التحويل المباشر للطاقة الشمسية الى كهرباء مباشرة .

(١/٤) - الاستغلال الحرارى للطاقة الشمسية :

يمثل الاستغلال الحرارى للطاقة الشمسية فى تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية ويمكن تقسيمها الى ثلاثة أقسام رئيسية :

(أ) استغلال الطاقة الشمسية مع درجة حرارة عالية كالانفراجان الشمسية (أكثر من ٢٠٠٠°C) .

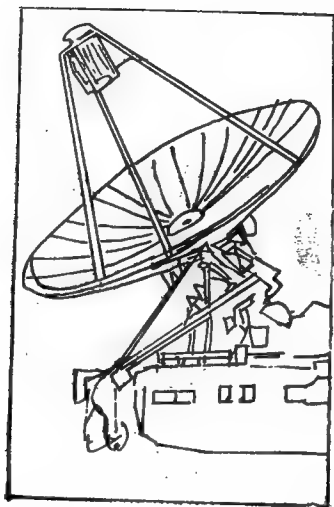
(ب) استغلال الطاقة الشمسية مع درجة حرارة منخفضة حوالى ٥٠°C - ١٠٠°C مثل مقطرات المياه العذبة - سخانات المياه - مجففات الخضر والفاكهة .

ويمكن استخدام الطاقة الشمسية فى أجهزة باستعمال إما المجمع ذى الواجهة المسطحة Flat plate Collector أو باستخدام المجمعات التركيبية Focusing Collectors

ويتكون المجمع ذو الواجهة المسطحة من سطح معدنى أسود يمتص الطاقة الشمسية (المباشرة وغير المباشرة) مغطى بواجهة شفافة ومعزولة خلفها ب مواد عازلة للحرارة ومائنة أو مخفضة للفقد الحرارى وتتحول الطاقة الشمسية على السطح المعدنى الى نوع الطاقة المطلوب وغالباً ما تكون طاقة حرارية يمكن تجميعها بواسطة الماء أو الهواء . وتعمل هذه المجمعات اللوحية غالباً فى وضع واحد تصل أقصى درجة حرارة فى مثل هذه المجمعات الى ١٠٠°C .

وأما الجهاز الشمسى الذى يعمل بالمجمعات التركيبية فيستخدم نظرية التركيز بواسطة العاكس المنحنى Parabolic Reflector الذى يوجه الأشعة المركزة الى السطح المستقبل الذى ترفع حرارته العادية الى حوالى ٢٠٠٠°C وقد يحتاج الأمر فى مثل هذه الأجهزة الى استخدام جهاز خاص لتأدية الشمس حتى يعمل الجهاز العاكس على أحسن صورة .

ويحتم عدم انتظام اشعاع الطاقة الشمسية ضرورة تخزينها لاستعمالها فى الأوقات التى تقيب فيها الشمس .



(شكل ٢ - ١٤)

تصميم خطي لجمع شمسي من نوع « صحن القطع المكافئ »

ويمكن تلخيص التطبيقات الشائعة لاستخدامات الأجهزة الشمسية
في الآتي :

- ١ - التبخير •
- ٢ - تسخين الماء •
- ٣ - تقطير الماء •
- ٤ - تجفيف الفواكه والخضروات •

البحر الشمسي :

ان لهذا الموضوع أهمية تاريخية وتقليدية حيث أن إنتاج الملح من
مياه البحر لا يزال له أهميته اليوم في مجال الإنتاج الصغير والكبير في
كثير من البلاد •

ويتلخص الموضوع في أن البلاد التي يزداد فيها البحر عن مياه
الأمطار تتكون بعض المساحات التي تتجمع فيها المياه بعمق صغير وتتبخر
مياهها تاركة الملح البلور •

وتستخدم هذه الطريقة للحصول على الملح في كثير من البلاد النامية
مثل مصر والهند والمكسيك وكولومبيا وشيلي ... الخ •

وتتجه الأبحاث الحالية الى تحسين طريقة الحصول على الملح من
مثل هذه المساحات وإنتاج الطاقة أو الماء المقطر بالإضافة الى إنتاج الملح •
ومن مثل هذه التحسينات ألا يزيد عمق الماء المالح عن متر واحد وأن
تتغير درجة تركيز الملح في هذه المساحات في الطبقات الراسية بحيث
تكون أكبر نسبة في أسفل طبقة •

وتتغير درجة التركيز في الطبقات المختلفة بحيث تكون أسخن طبقة
هي الطبقة السفلى (وليست العليا كما في السوائل التي لا يوجد فيها
طبقات متغيرة التركيز) وبذلك ترتفع درجة الحرارة في أسفل طبقة •

وقد تصل الى 80°C أو 90°C بينما تكون في الطبقة العليا حوالي
 25°C •

تسخين المياه :

ان هذا الاستعمال للطاقة الشمسية هو من أوسع الاستخدامات في كثير من بلاد العالم .

وأهم أجزاء السخان الشمسي هو المجمع - اللوح - وخزان معزول حراريا ويتم تسخين الماء عند مروره على المجمع ثم يحول الى الخزان لاستخدامه عند الحاجة اليه .

وفي إحدى التصميمات تكون مساحة المجمع اللوحى من ٠.٨ الى ٢.٨م^٢ وسعة الخزان حوالى ٣٠٠ لتر ويشمل جهاز ضبط الحرارة قدرة كيلوات واحد ويسمح باستخدام ١٨٠ لترا من المياه الساخنة يوميا عند وجود الشمس .

وفي المنازل يمكن استخدام طريقة القيقص الحرارى (Thermo Syphon) والذي يسمح بإعادة تسخين المياه الساخنة عند مرورها بالمجمع اللوحى .

وأما في الاستخدامات التجارية حيث يمكن تسخين عدة آلاف من اللترات من المياه يوميا فقد يكون من الأفضل استخدام طريقة التحكم باستخدام جهاز ضبط الحرارة المشار اليه سابقا .

التقطير بالطاقة الشمسية : أن هذا الاستخدام للطاقة الشمسية لا يزال فى الدور النصف الصناعى وفي هذا الجهاز ينفذ الأشعاع الشمسى من خلال غطاء شفاف الى وعاء مملوء بمياه مالحة يعمق صغير وبذلك يتبخر الماء داخل الجهاز ويتكثف على الغطاء من الداخل حيث يتجمع فى مجرى خاص خارج الجهاز الى خزان خاص بالمياه المقطرة .

وقد استخدم التقطير الشمسية بالطاقة على نطاق صغير ولكنه تجارى فى بعض الأماكن فى استراليا والبحر الأبيض والبحر الكاريبي كما صممت أجهزة للتقطير طويلة العمر فى أسبانيا وفرنسا وأمريكا واستراليا ولا تحتاج الا الى صيانة بسيطة وتكاليف تشغيل اقتصادية .

وكذلك أجريت بعض التجارب للاستعمال المنزلى فى بعض جزر الباسفيك لدراسة عمل واقتصاديات مثل هذه الأجهزة .

كما توجد تصميمات حديثة لأجهزة تقطير على درجة كبيرة من الكفاءة تتناسب مع المواد المحلية للبلاد النامية بحيث تكون أكثر اقتصادا .

التجفيف بالطاقة الشمسية : أن من الاستعمالات التقليدية للطاقة الشمسية التجفيف وخاصة للخضروات والفواكه ولها أهمية كبيرة في بعض البلاد وتتلخص في وضع المواد المراد تجفيفها في طبقات رقيقة على سطح الأرض وتترك للتعرض للشمس والهواء .

وفي السنوات الأخيرة أدخلت التحسينات الكثيرة على هذه الطريقة بحيث توضع الفواكه على أرفف مصممة بطريقة خاصة تسمح بتعرض شمسى محكوم لتحسين خواص التجفيف .

وخلاصة القول هنالك مجالات تطبيقية بسيطة - وإن كانت ذات أهمية - للاستخدامات الحرارية مثل :

- تسخين المياه في المنازل والعمارات (التسخين المركزي) .
وكذلك منشآت الخدمات العامة مثل المستشفيات والمدارس .
... الخ .

- إمداد المصانع بالمياه الساخنة أو البخار اللازم لعمليات التصنيع .

- التدفئة والتكييف .

- تجفيف الحاصلات الزراعية .

- تبريد وحفظ المواد الغذائية .

(٢/٤) : التحويل المباشر للطاقة الشمسية الى كهرباء :

يمثل هذا الاستغلال لهذه الطاقة بواسطة البطاريات الشمسية .
وخلالها مولدات الكهرباء الحرارية وهذه الطريقة يمكن تقسيمها الى ثلاثة أقسام رئيسية :

(١) استغلال الطاقة الضوئية في الأشعة الشمسية الى كهرباء

مباشرة . وهذه تتم بواسطة بعض المواد ومركباتها لتحويل الطاقة الضوئية مباشرة . وهذه الطريقة على الرغم من أنها ما زالت منخفضة الكفاءة غالبة التكاليف إلا أن البحوث في هذا المجال تقدمت بشكل ملحوظ جدا حتى رشحها رجال صناعة الطاقة لأن تكون إحدى صناعات القرن الحادى والعشرين الميزة . هذا وقد تناولنا هذا التطبيق بتفصيل أكثر في الفصل الأول من هذا الباب .

(ب) استغلال الطاقة الحرارية والضوئية المباشرة والمنتشرة في توليد طاقة كهربائية مباشرة وذلك باستخدام بعض المواد ذات خواص أشباه الموصلات مثل السيليكون والسيلينيوم وغيرها إلا أن الكفاءة الانتاجية منخفضة لمثل هذه البطاريات أو الخلايا وما زالت تكلفتها باهظة .

(ج) استغلال الطاقة بخلايا مولدات الكهرباء الحرارية
Thermo-Electric Generators

وهذه الطريقة تعتمد على تركيز الحرارة في أحد أطراف المولد وتبريد الطرف الآخر فينتج قوة دافعة كهربائية تعتمد على خواص المواد المستخلصة وكذا فرق الحرارة بين الأطراف كما هي الحال في الازدواج الحراري وما زالت البحوث تجري لرفع الكفاءة الانتاجية لمثل هذه المولدات حيث أن الكفاءة الانتاجية لها منخفضة جدا .

الحالات التقنية لتطبيقات الطاقة الشمسية باستخدام المجمعات الشمسية المسطحة :

١ - تطبيقات تسخين المياه والتدفئة : وهذه تستخدم سخانات المياه الشمسية وهي عبارة عن نظم تتكون من مجمع مسطح Plate Collector متصل بخزان لتخزين المياه - بعد تسخينها من المجمع للاستخدام بعد ذلك وتنتقل الحرارة الى المياه من خلال الاشعاعات الشمسية التي تمتص . أما دورة المياه في هذا النظام يمكن أن تكون اما طبيعية او بالتدفق المدفوع Forced . أما بالنسبة للطاقة الخارجة للاستخدامات المنزلية الريفية rural ١٠٠ لتر/يوم من الماء الساخن حتى ٦٠° م أى ١٥ × ٧١٠ جول/يوم أما بالنسبة استخدامات المدن الجديدة والضواحي ٢٠٠/يوم من الماء الساخن حتى ٦٠° م أى ٢٩٢ × ٧١٠ جول/يوم أما بالنسبة لاستخدامات التعليلية في المدن الجديدة والضواحي ٥٠٠ لتر/يوم من الماء الساخن حتى ٦٠° م أى ٧٢ × ٧١٠ جول/يوم .

٢ - تطبيقات التثليج والتبريد : (أ) نظم دورة البخار Vapor Cycle Systems حيث المجمعات المسطحة تقوم بتسخين مائع عضوي ويستخدم البخار لتشغيل آلة انكماشية وهذه تشغل كباس وحدة تثليج .

(ب) النظم من النوع الامتصاصي Absorption Type System حيث يستقبل المجمع السطح الأشعة الشمسية (مباشرة أو غير مباشرة) .

فتسبب تبخر وسيط التبريد Refrigerant وهذا يكثف لاستكمال الدورة بالاتصاف الى محلول من هذا الوسيط + ملح . اما الضغط الواطي للمنطقة التي يحتلها البخار المتمد فتحافظ على هذا الضغط بالضغط المنخفض للوسيط الناتج Refrigerant الموجود فوق المحلول ويتولد البخار ثانية بالسماح لمحلول وسيط التبريد Refrigerant ووسيط الاتصاف بالتدفق ثانية الى المولد حيث الامداد بالحرارة الشمسية .

٣ - تطبيقات تجفيف الأطعمة : الطريقة المستخدمة هي مجمعات سطحية مبسطة من النوعي الصندوقي Chest-Type ذات أرفف (يمكن فكها بسهولة) لتجفيف الحاصلات الزراعية أو اللحوم أو الأسماك . أما الخرج فيمكن من ٤ ← ٦ كـ/م^٢/يوم (تكافئ ١٤ ← ٢٢ × ٦١٠ جول/متر^٢/يوم) .

٤ - تطبيقات العمليات الحرارية الصناعية : Industrial Heat Processes في العمليات الصناعية التي تحتاج الى تسخين مياه جتي ١٠٠° م أو أقل تسخن المياه في سخانات المياه الشمسية المسطحة Flat Plate ثم اما تبقى كما هي أو ترفع حرارتها بعد ذلك بطرق التسخين التقليدية وبالتالي تمد العمليات الصناعية بالوسط اللازم للعمليات الصناعية من غسيل - التخلص من المواد الصلبة غير المرغوب فيها وعمليات الفصل مثلا . أما الخرج فيتوقف على متطلبات العملية نفسها وكمثال من ١٠٠.٠٠٠ ← ١٠٠.٠٠٠ لتر/يوم .

المجالات التقنية لتطبيقات الطاقة الشمسية باستخدام المركبات الشمسية:
(١) اغراض الطبخ المنزلية :

(١) الأفران أو الطباخات الشمسية : الأفران الشمسية عبارة عن صناديق معزولة حراريا وفيها الجانب المعرض للشمس يطل بطبقتين أو ثلاثة طبقات لامعة ويستخدم مجموعة مرايا (مستوية أو مقعرة) لانعكاس الأشعة الشمسية الزائدة من خلال الطبقة اللامعة الى داخل فرن الطبخ ولا بد من استمرار اجراء عمليات ضبط المرايا والفرن حتى يكون قلب الفرن دائما هو البؤرة . وبهذا يمكن الحصول على درجة حرارة حتى ٢٠٠° م داخل الفرن .

(ب) السخانات التركيبية مع التحكم من بعد : وهذه تستخدم بوضع السائل أو الجسم الصلب المراد تسخينه في بؤرة المجمع الشمسي

التركيزي ثم ينقل هذا السائل - أو الجسم - إما يدويا أو آليا الى وحدة الطبخ بداخل المطبخ وتحتاج هذه المركبات لتشغيلها لأشعة الشمس المباشرة .

(ج) الطباخات التركيزية : وهذه لها مرايا ذات قطاعات على شكل قطع مكافئ، أو بؤسة مرايا مستوية ومقعرة ومركبة على جسم ذي مقاطع بشكل مكافئ، Paraboloïd ويدور هذا الجسم مركزا أشعة الشمس على قدر Pot الطبخ المكشوف الذي يكون في البؤرة وبطبيعة الحال لا بد أن يزود بنظام متابعة الشمس Constant Tracking of Sun وبهذه يمكن الوصول الى درجة الفليان داخل قدر الطبخ بواسطة التسخين بأشعة الشمس المباشرة .

(د) طباخات البخار الشمسية : وهذه تشبه سخانات المياه المسطحة . وهذا النوع يناسب أنواع الأطعمة التي تحتاج الى عملية طبخ (طهي طويلة وبطيئة) مثل (البقول والمسبك) وهو عبارة عن مجمع مسطح ذي طبقتين أو ثلاثة لامعة وفيها يتكاثف البخار على سطح قدر الطهي وبالتالي تظل درجة الحرارة القدر أقل قليلا من درجة الفليان ويلزم توجيه المجمع الشمسي نحو الشمس مرتين فقط في اليوم وهو متأثر تأثيرا طفيفا بالطقس الغائم Cloudy حتى يصل الى درجة حرارة الطهي أما الخرج فهو من ١ - ٢ ك و . للوحدة الواحدة .

٢ - توليد الكهرباء : والطريقة الفنية للتنفيذ هي طريقة برج القوى Power Tower وهو عبارة عن مصفوفة كبيرة من المرايا توضع على الأرض وتوجه باستمرار نحو الشمس لتوجيه انعكاساتها نحو « غلاية بخارية ذات ضغط عالي » وتوضع هذه الغلاية على سطح برج عال والبخار المولد يستخدم لتوليد الكهرباء أما القدرة الخارجة من ١ - ١٠ ميجاوات .

٣ - عملية تحليط المياه Desalination : الطاقة الشمسية تسخن المياه داخل أباريق (أنابيب) والتي تتبخر وتتكاثف على هيئة مياه عذبة وتنفخ هذه على السطح المائل حيث تتجمع في قناة تجميع أما حجم الأنابيب فيتراوح بين الحجم العائلي وهو (١٠ - ٨٠ لتر/يوم) الى أحجام المجمعات السكنائية (حتى ٥٠.٠٠٠ لتر/يوم) .

البحالات التقنية لتطبيقات الطاقة الشمسية باستخدام الغلايا الفوتوفولطية :

وهذه لها تطبيق واحد وهو توليد الطاقة الكهربائية اللازمة في الجهات المنعزلة وفي العيادات الطبية ولتشغيل أجهزة الاتصالات وكذلك لضخ المياه .

والطريقة الفنية هي باستخدام الخلايا الكهروضوئية لتحويل أشعة الشمس الساقطة الى تيار مستمر والذي يمكن استخدامه في اغراض الانارة واجهزة التليفزيون والمحركات الكهربائية كما تستخدم في شحن البطاريات (لتخزين الطاقة الكهربائية) أما الخرج فالنسبة للمصادر الطبية (١ ← ٢ ك . ولجمل الذروة ولأغراض التثليج والانارة) - أما لأغراض أجهزة الاتصالات فيمكن حتى أقصى حمل ١ ك . وأما لضخ المياه من ٤ ← ٦ ك . وحمل ذروة .

تطبيقات الطاقة الشمسية في الدول النامية :

ليس هناك شك في إمكانية تجميع الطاقة الشمسية لنقلها وتخزينها وتحويلها في النهاية الى طاقة كهربائية ولكن التعقيدات المصاحبة لهذه العملية ومن المصادر والأجهزة الكهربائية والكيميائية وصيانتها بالمقارنة بمحطات القوى الحرارية والمائية تجعل هذه العملية مشكوك فيها عالياً في حدود صغيرة وذلك أساساً بسبب ضعف كمية الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة بالرغم من الطاقة الشمسية الهائلة الكلية وللتدليل على ذلك ننسور مبنى محطة توليد قوى تعمل بالطاقة الشمسية قدرتها ١٠٠٠ ميغاوات كهرباء . فإذا فرضنا ان معامل التحويل من الطاقة الشمسية للطاقة الكهربائية ١٠٪ فإن هذه المحطة تحتاج الى طاقة شمسية قدرها ١٠٢٠ وات . وحيث أن الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الأرض تقدر بمقدار ٥٠٠ كيلو كالورى لكل سم^٢ في المتوسط اليومى فإن ذلك يعنى ٢٤ × ١٠ × ٢ - وات/سم^٢ وبذلك تكون مساحة الأرض المطلوبة لتجميع الطاقة ١٠١٠ وات وهى ٤٢ كيلو متر مربع أى طول ضلعه ٥٦٠ كيلو متر وهذه على الأقل مساحة غير عملية .

ألا أنها يمكن أن تلعب دوراً رئيسياً في الدول التى تملك معدلاً عالياً للظلوع الشمس على مدار السنة حيث يمكنها استخدام هذا المصدر الذى لا ينضب للطاقة النظيفة في الزيف الصحارى - مواصلتنا الشمالية والشرقية النائية عن المصادر التقليدية في المجالات :

١ - ضخ وتحويل الطاقة الشمسية بواسطة المجمعات الشمسية اللوحية المسطحة + أجهزة الامتصاص Plate Collectors + Absorbers الى خزانات لتشغيل محركات ستفنج أو غيرها .

٢ - تحويل الطاقة الشمسية بواسطة لوحات الخلايا الفوتوفولطية التى تعمل بالألواح الشمسية المسطحة
Flat Plate Solar Photovoltaic Cell Panes

الى طاقة كهربية مباشرة تدوير محركات كهربية . علما بأن الحل الثاني أقل تكلفة وعاكس أصغر ومساحة ووزن أقل وزمن تركيب أقل وصيانة أقل .

٣ - تحلية مياه البحر باستخدام ضهرج شمسي Solar Shell
في تبخير وتكثيف المياه لساعات بين ٢٠ ← ٣٠ م^٢/يوم (١٠٠ ← ٢٠٠ عائلة ٥٠ × ٥٠ لتر/يوم بين ١٠ م^٢/يوم) .

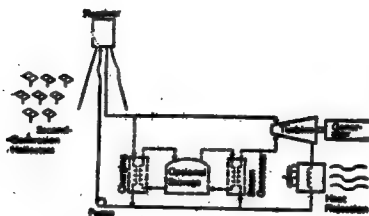
٤ - انتاج الطاقة الكهربية في المجمعات السكالية الصغيرة .
ورغم أن التركيز في بعض البلدان يحجب الى استخدام الخلايا الفوتوفولطية الا أن انتاج الكهرباء عن طريق ضوسو - حرارة - طاقة ميكانيكية باستخدام المجمعات المسطحة هو موضوع دراسات مكثفة إذ أنها تبشر بإمكانية انتاج طاقات كهربية كبيرة لانتاج ١ ك . و يحتاج الى مجمع سطحي مساحته من ٥٠ الى ٢٩٠ م^٢ الا أنه يحتاج الى معدلات صيانة أكبر .

٥ - التسخين بالطاقة الشمسية وذلك لتدفئة للمنازل وتسخين المياه والطبخ وتخفيف المحاصيل حيث المطلوب درجات حرارة أقل من ١٠٠ م ويمكن الحصول عليها بواسطة للتبخع للسطح والذي يمكن انتاجه محليا .

خامسا : الطاقة الشمسية للعمليات الصناعية ذات الحرارة العالية :

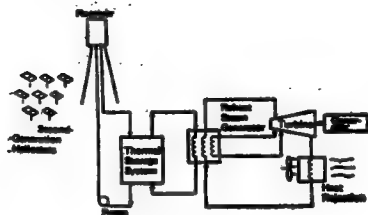
في الماضي (القريب) استعملت التصميم المبني على فكرة المستقبل المركزي للطاقة الشمسية - مبدئيا في التطبيق التجاري لتوليد الطاقة الكهربائية - ولعل أفضل مثال لذلك محطة « سولار وان » لتوليد الطاقة بولاية كاليفورنيا الأمريكية . وفي هذا التطبيق - وتقصد به ما استخدمت الكهربائية بقدرة حوالى ١٠ ميجاوات - والتي أقيمت بميدنة « بارستو » في محطة الكهرباء المذكورة - لم يكن مطلوبا منا درجة حرارة عالية ومن ثم كان الاكتفاء باستخدام الرايا المروارة (الهليوستات) والتصميمات العقلية المعروفة .

الا أنه - لذا أردنا استغلال الطاقة الشمسية في التطبيقات التي تحتاج الى درجة حرارة عالية تصبح هذه التصميمات أقل ملائمة نظرا لقصورها - أو عدم تمكنها من - في السيطرة على الزيفان (الانحراف) : الضوئي Optical Aberration - علاوة على ذلك ولعظم التطبيقات - فان امكانية وضع المستقبل Receiver - على منسوب الأرض بدلا من وضعها في الهواء على ارتفاعات تبلغ مئات الأقدام - له ميزة لا يستهان بها .



(شکل ۲ - ۱۶)

نظام استقبال مرکزی شمسی (ماه بخار)



(شکل ۲ - ۱۷)

نظام استقبال مرکزی شمسی (سدیموم بخار)

وعند درجات الحرارة أعلى من ١٠٠٠ درجة كلفن فإن معظم المواد تشع طاقة تماما مثل الأجسام السوداء . وإعادة الإشعاع **Reradiation** هذا يصير الأسلوب السائد لفقد الطاقة (أى عدم كفاءة المستقبل) حيث أن هذا الفقد في الطاقة يزيد مع الأس (القوة) الرابع لدرجة الحرارة المطلقة وهذه الحقيقة من شأنها أن تحد من قيمة أقصى درجة حرارة للمستقبل يمكن الوصول بها . ولهذا السبب فأننا نجد أن أجهزة استقبال الإشعاع الشمسي **Receivers** التي تستخدم لتطبيقات الحرارة العالية تصمم بحيث تكون ذات تجويف داخلي (أى المستقبل الذى يسمح بدخول الطاقة المنعكسة الى داخله من خلال التجويف **Aperture**) وإذا أردنا المزيد من الإجراءات لاقبال (لنقصان) الفاقدات نتيجة إعادة الإشعاع فيمكن أن نخفض القدرة الانبعاثية (الإصدارية) **(Emissivity)** لجهاز الاستقبال (وفى أغلب الأحيان لا يمكننا أن نخفض هذه القدرة كثيرا) .

وهناك بديل آخر وهو بزيادة تركيز الطاقة الشمسية المنعكسة بحيث يمكن إمرارها خلال مساحة صغيرة . والتعريف المستخدم لتوصيف هذا التركيز للقدرة هو ما يطلق عليه بكثافة الفيض (أو التدفق) **Flux Density** ويعبر عنه بالوحدات وات لكل متر مربع . وبزيادة كثافة الفيض يمكن تنفيذ كل القوى (القدرة **Power**) المتاحة الى جهاز الاستقبال من خلال فتحة أصغر **Smaller Aperture** وعلى الرغم من تنفيذ نفس القدرة الى جهاز الاستقبال فإن ميزة الفتحة الأصغر هي تقليل (خفض) الفاقدات من إعادة الإشعاع . وهذا بالتالى يمكن أن يزيد من درجة الحرارة الممكن التوصل إليها .

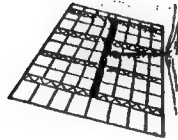
وبالنسبة لنظام الاستقبال المركزى فيمكن تنفيذ الفيض الشمسي بواسطة حقل من المرايا الدوارة - (الهليوستات) . وتتوقف درجة تركيز القدرة - والذى يمكن تحقيقه - على الامكانيات الضوئية (البصرية) للهليوستات . ولكي نحصل على أعلى كثافات ممكنة لكثافات الفيض الشمسي فلا بد أن تكون الصورة **Image** التى يمكن لمجموعة الهليوستات أن تنتجها أصغر (وبالتالى أفضل ضبط بؤرى ومن ثم أوضح) ما يمكن .

الاعتبارات الضوئية (البصرية) **Optical Consideration**

المعروف أن وظيفة النظام الضوئي (البصري) هو تشكيل **Formation** صورة للشمس على تجويف أو فتحة جهاز الاستقبال . وعلى الرغم من امكانية حقل من المرايا المسطحة الدوارة **Flat Helicostats**

القيام بهذه الوظيفة فإن امكانية التركيز البؤرى (الضبط البؤرى Focusing الزائدة للمرايا الدوارة المقعرة Concave من شأنه خفض حجم الصورة وزيادة كثافة الفيض . فالمرآيا اللوارة التقليدية تضم - وبشكل عام - عددا من قطع دائرية Segments منفصلة من المرايا المنحنية (المقوسة) (curved) وتضبط هذه القطع بحيث يصير السطح الكلي للمراية اللوارة (الهليوستات) قريبا من سطح الكرة ويكون أعلى كثافة فيض - بالنسبة للهليوستات التركيز - عند البعد البؤرى للهليوستات . وكما نعلم فإن البعد البؤرى لأي مرآة يتوقف على انحناء (تقوس) سطحه . وتعرف المراية التركيبية الكروية Spherical Concentrating Mirror بقيمة مفردة لنصف قطر التقوس (الانحناء) وببعد بؤرى يعادل ربع ($\frac{1}{4}$) قطر التقوس أو الانحناء فإذا تم اختيار نصف الانحناء (التقوس) بحيث يعطى مراية الهليوستات بعد بؤرى يساوى المسافة بينها (أى المراية) وبين جهاز الاستقبال (أى مدى أو شوط القذف أو الرمي throw distance) فإن الطاقة المنعكسة بواسطة هذا الهليوستات سوف تمر خلال أقل مساحة ممكنة وبالتالى تنتج أعلى كثافة للفيض الشمسى عند فتحة جهاز الاستقبال .

ومساحة مقطع صورة شمسية كاملة - بافتراض قرص شمسي Solar Disk بكثافة منتظمة - تنتجها مراية تركيز بؤرى مفردة Single Focusing Mirror كما هو موضح بالشكل (٢ - ١٩) حيث نرى أن الطاقة موزعة بالتساوى فوق الصورة . وأى مستقبل (جهاز استقبال) ذى فتحة aperture قطرها يعادل قطر الصورة يمكنه أن يحتجز Capture جميع الطاقة المنعكسة . والمظهر الجانبى Profile للفيض - عند مستوى فتحة المستقبل - لجميع نظم الاستقبال المركزى الحقيقية (التى تستخدم استراتيجيات نقطة هدف واحدة مقابل عدة نقاط أهداف) هى تركيبة من الصور المسقطه Projected بواسطة كل وحدة هليوستات داخل الحقل . وحيث أن كل من هذه الصور المفردة مختلفة (أساسا بسبب الاختلافات الفردية فى كل شوط أو المدى القذفى Throw Distance وزاوية المسار بعيدا عن المحور Off-axis Tracking Angle) فإن المظهر الجانبى (بالشكل ٢ - ١٨) له أعلى (أقصى) كثافة فى المركز والتى تضمحل كلما تحرك الشخص قطريا Radially نحو حافة الفتحة . وتتابع هذا المظهر الجانبى Profile أنه فى ملاحظة درجات الحرارة العالية (بالنسبة لنظام ما) فتجعل (أو تصنع) فتحة المستقبل أصغر . وهذا يسمح فقط لطاقة الفيض المركزى العالية بالدخول الى الفتحة - الذى يزيد من متوسط



Two-axis tracking



One-axis tracking



Stationary fixed tilt

(شكل ٢ - ٢٠)

طرازات لم طرق التصليف (١) توببه بسورين (ب) توببه بسور (ج) مسكن لم زاوية توببه ثابتة .

كثافة الفيض الداخلى الى التجويف Cavity وضمن ذلك (الفراصة .
Penalty Energy) هو فقدان الطاقة المحيطة (الطرفية) Peripheral Energy
والتي تسكب أو تراق Spillerd . وكلما اقترب التشابه بين الشكل
الجانبى للفيض وبين الشكل الجانبى للصورة الكاماة Perfect Image
كلما كانت الطاقة المحيطة المفيدة (المستخمة) الى الطاقة المسكوبة أو
المراقبة .

الاعتبارات التصميمية العامة : علاوة على القواعد الفئرية فهناك
نقاط أخرى يجب مراعاتها تصميم محطات - تعمل بالطاقة الشمسية -
لخدمة العمليات الصناعية وهي :

١ - من المرغوب فيه أن يكون مصدر الطاقة أقرب ما يمكن بالنسبة
لنقطة الاستخدام . وبالنسبة لنقطة الاستخدام للعمليات المميزة بحراراتها
العالية - أو تلك العمليات ذات النشاط الضوئى كيميائى Photochemical
يتطلب الأمر الاستخدام المباشر لفيض الطاقة الشمسية .

هناك نقطة أخرى يجب مراعاتها وهي - فى العادة - فإن رجال
الصناعة دائماً ما يكونون متخوفين - أو مترددين - إزاء قبول الأفكار
الجديدة . ولكي يتقبل رجال الصناعة هذا الشكل الجديد للطاقة ينبغي
جعل مرحلة الانتقال أبسط وأيسر ما يمكن . ومن بين مميزات الاجراءات
الاستفادة القصوى من كل من المعدات والعمليات التجهيزية القائمة أصلاً
فى الصناعة .

٢ - ان معظم العمليات الصناعية تستخدم الحرارة - أو الطاقة
الحرارية - فى أكثر من نقطة داخل العملية . وعلى الأخص إذا استعملت
عملية الامتصاص المباشر للطاقة الشمسية فإن امكانية - تغيير المنطقة
البؤرية Focal Zone للمفاعلات المختلفة المتواجدة فى نفس المنطقة -
يكون غاية فى الأهمية . كذلك هذا يسمح باستخدام مهمات احتياطية -
أو بديلة فى حالة عطل المهمات الرئيسية .

٣ - عدد أيام تشغيل بطول ثابت خلال العام . وهذا يسمح بحجم
ثابت لقوة العمل وبالتالي خرج Output موزع بالتساوى على مدار العام .

٤ - أقل استخدام للأرض (أقل مساحة ممكنة) فبينما نجد أن
محطة توليد الكهرباء التجارية تكون - غالباً - فى المناطق الريفية نجد
أن المنشآت الصناعية فى أغلب الأحيان تكون قريبة من المناطق الحضرية
حيث تكون أسعار الأراضي أعلى وبشكل ملحوظ . لذلك فمن الأهمية

يمكن استخدام تصميمات أعلى تكثيف (أو دمج) للمرايا الدوارة (الهليوستات) .

٥ - تصميم النظام بحيث تكون عمليات الصيانة بسيطة .

تصميم النظام : على ضوء الاعتبارات العامة - المشار إليها بعاليه - وعلاوة على الخطوط الاسبقراطية الضوئية تمكن التوصل الى النظام التالي وهو يتضمن مركبتين اسبابيتين يمكن استخدام كل منها على حده بأكثر من تصميم تقليدي أو بشكل هارموني للاستفادة من مزاي كل منها :-
وهذان التصميمان هما :-

- مصفوفة الهليوستات (المرايا الدوارة) الموحد

Unified HelioStat Array (UHA)

- هليوستات فيدا الصناعي (VIA) Veda Industrial HelioStat

(١) مصفوفة المرايا الدوارة الموحدة

Unified HelioStat Array (UHA)

وهو عبارة عن مصفوفة من محورين Two-Axis من المرايا الدوارة المتابعة لمسار الشمس Tracking ومركبة على حائط مدرج مواجهة للجنوب (الناحية القبلىة) والحائط من هيكل واحد . وتصف (أو ترتب) هذه الحوائط المدرجة في الاتجاه شرق - غرب وتثبت المرايا الدوارة (الهليوستات) الى هذه الحوائط المدرجة بحوامل (أو قواعد Pedestal Mounts) وبالنسبة لنصف الكرة الشمالي (خطوط العرض من صفر فاعلى شمالا) ترتب الحوائط المدرجة الى أعلى Stepped Upward اتجاه الشمال الجغرافي ويوضع المستقبل جنوب هذا الهيكل أو المجموعة . أما الميل Slope الشامل للمدرج فيتوقف على خط عرض الموقع .

ويتم تنسيق المرايا الدوارة على المصفوفة بحيث يمكن التخلص من أو التحكم في ومنع الحجب (التظليل) ما بين هذه المرايا . وكل من هذا المنع أو الحجب - اتساع خطوة التدرج - ارتفاع الجزء القائم من هذا التدرج وكذلك المسافة Spacing ما بين المرايا الدوارة (الهليوستات) على طول المدرج (مصطبحة Terrace) جميعها تتوقف على كل من حجم المرايا الدوارة والمكانيزم الذي يسوقها .

وبالنسبة لنظم الاستقبال المركزية ليكننا الحصول على نسبة كثافة للهليوستات أعلى (ويقصد بها نسبة اجمالي المساحة السطحية للهليوستات

الى مساحة الحقل المغطاة بهذه المرايا) اذا ضحينا Sacrifice بدرجة من الأداء أثناء كل من الصباح الباكر وقبل الغروب نتيجة لزيادة كل من التظليل Shading أو الحجب ما بين المرايا المتوازية . وبالسماح فقط - بدرجة متوسطة من التظليل والحجب خلال هذه الأوقات فيمكن لنسبة كثافة للهليوستات Heliostat Density مقدارها ٦٠٪ أن تتيح المصفوفة الهليوستات الموحدة (PHA) تجميع قدره ٢٠ و٠ لكل فدان من الأراضي المستصلحة . هذا وقد أمكن - في بعض التطبيقات الميئية - عمل تصميمات بحيث ينتج عنها كثافات للهليوستات بلغت ٩٥٪ .

وهناك ميزة أخرى لزيادة أو رفع كثافة الهليوستات وهو أن ذلك من شأنه تسهيل عملية الصيانة كثيراً فعل سبيل المثال يمكن جعل عملية تنظيف المرايا بشكل آلي Automatic بتركيب نظام وشاش للتنظيف .

وبالنسبة لخطوط عرض ٣٥° فإن زاوية ارتفاع أقل من ١٥° لمدة أطول من ساعة بعد شروق الشمس وكذلك لمدة أطول من ساعة قبل الغروب . وعند زاوية ارتفاع الشمس ١٥° فلا يزال هناك مجال أفقي مظلل جزئياً . وبذلك يكون يوم العمل بالنسبة لحقل أفقي (أى أن المرايا المتوازية أو الهليوستات مركبة على الأرض مع جهاز استقبال مركب على برج) عند الانقلاب الشتوي Winter Solstice يصبح محدوداً ساعات عند الاعتدالين (الربيع والخريف) وإلى ١٢ ساعة في أول بحوالى ٦ ساعات فقط ولكن هذا (يوم العمل) يمتد إلى حوالى ١٠ الصيف (الانقلاب الصيفي أى ٢١ يونيو) . وبالمقارنة نجد أن تظليل كل من الصباح الباكر وما قبل الغروب لمصفوفة الهليوستات الموحدة (UHA) تكون أسوأ، ما يمكن فيما بين الاعتدالين والانقلاب الصيفي بينما يكون كل من الفساقد فى التظليل Shading والمنع Blocking صفراً (أى يتلاشى هذا الفاقد) وقتما تكون الشمس فوق الأفق . وفى أوقات السنة حول الانقلاب الشتوي (٢٢ ديسمبر) عندما تكون الشمس ما زالت عند ارتفاع أقل من ١٠ درجات تكون الليرة المرسلة إلى فتحة جهاز الاستقبال (المستقبل) بواسطة أو من خلال المصفوفة UHA - أعلى من ٥٠٪ من تلك المرسلة إلى هذه الفتحة عند وقت الظهيرة المحلي . ومن ثم فإن يوم العمل لمصفوفة UHA يكاد يكون طوله ١٠ ساعات عند الانقلاب الشتوي ويتغير هذا الطول في حدود ٢٪ ساعة مثلا على مدار العام .

هنالك ميزة أخرى هامة من خصائص تصميم مصفوفة UHA وهي التغير الطفيف في مدى - أو شروط التذف Thraw Distance بالنسبة لحقل ما من الهليوستات . وهذا الخفض أو النقص في التغير هو هدف مرغوب في حد ذاته بالنسبة لتصميمات أجهزة الاستقبال المركزية فهناك ميزة اقتصادية (سواء من حيث التصنيع أو الصيانة) لصنع كل المرايا الدوارة (الهليوستات) في حقل واحد متماثلة - و جدير بالذكر فإن النسبة ما بين أطول الى أقصر مدى للتذف لمصفوفة UHA هي حوالى ١:٢٠ بينما نجد أن هذه النسبة لحقل أفقى مثل مشرع « سولار ومان » تبلغ حوالى ١:٢٠ .

والطاقة المنكسة يمكن توجيهها - وفي نطاق محدود - الى أى واقع أسفل أو أعلى أو على جانبي (شمال - جنوب) خط المنتصف Centerline لمصفوفة UHA مع خفض ضئيل في الكفاءة . وهذه الإمكانية تتيح لمصفوفة واحدة من UHA تزويد الطاقة لواحد أو أكثر من أجهزة الاستقبال الموضوعة بشكل يلائم احتياجات المستخدمين .

(ب) هليوستات (المرايا الدوارة) فيدا الصناعية VIH :

وهذا يتضمن مرآة واحدة بشكل حلقى Toroidal مركبة على استوائية Equatorial Drive . ونوه هنا الى أن بالنسبة للأشكال الحلقية ينبغي دقة التوجيه لتحصل على كفاءة عالية لهذا الشكل من المرايا . فلذلك نجد أن المرايا الدوارة (الهليوستات) التقليدية لأنظمة الاستقبال المركزية تستخدم نظم مسواة Drive Systems من نوع السمتي/الراسى Azimuth Elevation (Az El) لتوجيه المرايا وبينما نجد أن هذا النوع من السواقات قادر على انعكاس الشعاع الشمسى الى جهاز الاستقبال الا أن الهليوستات يبدو وكأنه يلمر حول محوره بالنسبة لمستوى الشمس - الهليوستات - جهاز الاستقبال بما يصل الى ١٨٠° درجة واحد الحلول لذلك هو استخدام التركيب الاستوائي Equatorial Mount وهذا الأخير يسائل النوع Az-El ماعدا أن المحور السمتي للدوران يوجه بحيث يوازي محور دوران الأرض . وهذا التنسيق (الترتيب) من شأنه أن يحل من دوران الهليوستات الى مدى حوالى ٢٠° درجة .

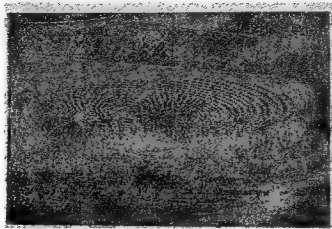
هنالك عنصر آخر للهليوستات يجب أخذه في الاعتبار وهو نسب الأبعاد Ratio of Dimensions فأبعاد المرايا يمكن ضبطها بحيث تحصل على أقصى أطوال للصور المناسبة Tangential والسهمية Sigttal تساوى نفس القيمة (أو متساوية) . ونتيجة لذلك

تحصل على أصغر صورة يمكن الحصول عليها من الهليوستات على مدار اليوم والسنة . وهذا بالتالى يؤدى الى أعلى متوسط لكثافات الفيض الشمسى .

وإخلاصة : ان نوعية الصورة (أى صورة الشمس) يعين ذى أهمية أولى للحصول على متوسطات عالية لكثافة الفيض الشمسى واللازمة لتوليد درجات حرارة من نظام الاستقبال - أعلى من ١٠٠٠ درجة كلفن والأثر المنبسط Degrading الرئيسى على الصور المشقطة على المرايا الدوارة (الهليوستات) هو أثر اللابؤرية Astigmatism . وينتج هليوستات فيدا الصناعى VIH متوسط كثافة فيض عال عند فتحة جهاز الاستقبال والتي هي ذات شكل دائرى تقريبا . وحجمها ثابت نسبيا على مدار اليوم والسنة . وهذا راجع لقدرة VIH على تخفيض هذا الزين الضوئى (أو الانحراف Aberration) الى أقل ما يمكن . وهذا يتيح الاستخدام أصغر فتحة لجهاز الاستقبال لكمية معينة (معطاة) من الطاقة المجمعة ومن ثم أعلى درجة حرارة .

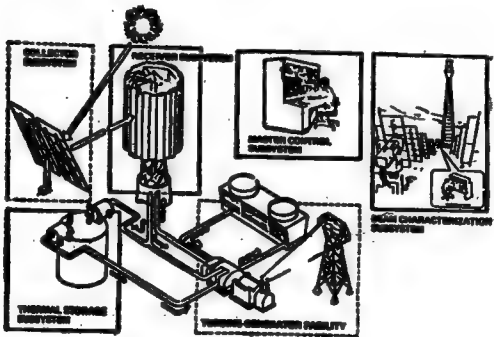
وتخفيض تصميم مصقوفة UHA الحجم المحدود للشمس على كثافة الفيض بالسماح لتخفيض متوسط المسافة ما بين الهليوستات وجهاز الاستقبال . كذلك يتيح استخدام منطقة بؤرية على أساس ارضى Ground Base Focal Zone وهذا فى حد ذاته يعتبر عامل جنى لاستيفدى الطاقة الصناعية حيث أنها - أى UHA - الطاقة فى نفس موقع استخدامها . أى تقلل الفاقدات الحرارية فى عملية النقل وكما تتيح استخدام مهمات تشفيلية (تجهيزية) تقليدية (متاحة تجاريا) . هنالك علاوة على ذلك سمات ايجابية تشمل ما يلى :-

- كثافة عالية لمسج Packing الهليوستات (أقل مساحة ارضى) .
- ضبط Positioning متغير للمنطقة البؤرية .
- طول ثابت لأيام العمل على مدار العام .
- تبسيط لعمليات الصيانة .



(شكل ٢ - ٢١)

منظر عام بمحطة « سولاروان » بصحراء موبجيب الأمريكية وهي
من النوع « النرجس » أو « برج القوى » ويبدو أن هذا
الطراز هو أكثر وسائل توليد الكهرباء من الشمس اقتصادا
والعروفة حتى اليوم .



(شكل ٢ - ٢٢)

لنظمات القرعية الأساسية لنظام « سولاروان » .

سادسا : دراسات لبعض مشروعات الطاقة الشمسية في أنحاء العالم :

١ - محطة الاستقبال الشمسية المركزية « سولاروان » (١) بقدرة ١٠

ميغاوات :

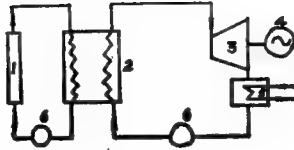
محطة الاستقبال الشمسية المركزية - سولار ١ بقدرة ١٠ ميغاوات تقع بالقرب من مدينة بارستو بولاية كاليفورنيا الأمريكية تم تركيبها والانتها من اختباراتهما - والتي دلت على كفاءتها كاملين - في ٢١ يولية ١٩٨٤ . وأمكنها إنتاج طاقة كهربائية - خلال ثلاثة أعوام - ما مقداره ٣٩١٣ ميغاوات ساعة بينما أمكنها إنتاج ١٠١٤ ميغاوات ساعة خلال شهر ابريل ١٩٨٥ فقط .

وجدير بالذكر فإن هذا المشروع هو ثمرة تعاون تام ما بين الحكومة وبين القطاع الخاص الصناعي وعلى الرغم من أن الهدف الأول للمشروع كان أساسا لعمل الأبحاث اللازمة على محطة زبائية لأجراء الاختبارات على تكامل النظم المتضمنة في هذا المشروع الريادي والذي يتضمن ستة (٦) مكونات من النظم الفرعية وتقوم شركة أديسون الكهربائية بتشغيل هذه المحطة حاليا .

وبالنسبة لموقع المشروع فقد تم اختياره نظرا لثمنه ببعدها إشعاع شمسي عال (يعادل حوالي ٢٠٠٠.٠ م.و.س. من الطاقة الحرارية الساقطة من الإشعاع الشمسي سنويا) واتاحة مساحة تبلغ حوالي ١٢٥ فدان . كما أن المياه اللازمة متاحة علاوة على القرب من الشبكة الكهربائية لشركة أديسون الأمريكية .

توصيف للمشروع : كان بناء وتشغيل المحطة في ابريل ١٩٨٢ وتكلفت اجمالي الاستثمارات لها مبلغ ١٤١.٢ مليون دولار . والمحطة عبارة عن توليف - أو تكامل - لتشغيل ٦ (ستة) نظم رئيسية هي :

- ١ - النظام الفرعي لتجميع الشمسي Collection Subsystem
- ٢ - النظام الفرعي للاستقبال الشمسي Receiver Subsystem
- ٣ - النظام الفرعي للتخزين الحراري Thermal Storage Subsystem
- ٤ - النظام الفرعي للتحكم السيادي (الرئيسي) Master Control Subsystem

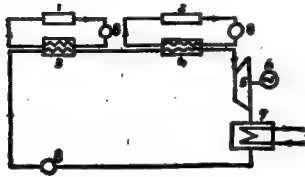


(شكل ٢ - ٢٣)

شكل كروكي لبيان مكونات محطة شمسية حيث

- ١ - المبادل الحراري
- ٢ - المولد الكهربائي
- ٣ - المكثف
- ٤ - المحرك
- ٥ - المفتاح
- ٦ - المحرك

- ١ - المجموع
- ٢ - التوربين البخاري
- ٣ - المكثف
- ٤ - المحرك
- ٥ - المفتاح
- ٦ - المحرك



(شكل ٢ - ٢٤)

شكل كروكي لبيان مكونات محطة شمسية بجمعية

- ١ - مجمع الحرارة المنخفضة
- ٢ - مجمع الحرارة العالية
- ٣ - مضخة
- ٤ - مضخة
- ٥ - توربين بخاري
- ٦ - مولد كهربائي
- ٧ - مكثف
- ٨ - مضخة

٥ - مجموعة التوربين/مولد كهربى

٦ - النظام الفرعى لتمييز الحزم الاشعاعية

Beam characterization Subsystem

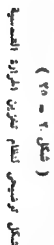
ويتكون النظام الفرعى للتجميع الشمسى من ١٨١٨ من المرايا الدوارة المتعقبة (المتتبعة) للشمس (والتي يطلق عليها الهليوستات (Heliostat)) والتي تقوم بتركيز الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض وإعادة توجيهها الى مستقبل مركب على برج (أى غلاية) على ارتفاع يبلغ ٩١ مترا فوق الأرض الصحراوية . ويتكون كل هليوستات من ١٢ لوحة من المرايا المقرة قليلا وبمساحة اجمالية تبلغ ٤٠ متر مربع من أسطح المرايا . وتركب تجهيزات هذا المرايا على محرك . يقرن بها من خلال تروس - للتحكم فى التوجيه للأسقاط الشمسى (السمنى azimuth) والأسقاط الراسى .

وتنظم لوحات المستقبل على شكل اسطوانة راسية بقطر ٧ متر .
أى بمساحة سطحية اجمالية ٣٠٢ متر مربع . وتتكون كل من الأربعة وعشرين (٢٤) لوحة من ٧٠ ماسورة ذات قطر داخلى ٦٩ - موطول كل لوحة ١٣٧ متر .

أما نظام التخزين الحرارى : فيوفر سعة تخزين حرارية تعادل ٢٨ م.و.س . وذلك لمد أو التوسع فى سعة التوليد الكهربائية الى وقت الليل أو خلال فترات الفيوم . كما توفر البخار اللازم لكل من أغراض الصيانة والتشغيل من الحالة الدافئة (الساخنة Warm Start) أثناء الصباح . ويحتوى خزان التخزين الحرارى (والذي يبلغ قطره ١٩ر٨ . وارتفاعه ١٣ر٧ متر) ٧٠٠٠ (سبعة آلاف) طن من الصخور علاوة على ٢٤٠٠٠٠ جالون من الزيت الحرارى .

أما النظام الفرعى للتحكم الرئيسى فهو عبارة عن سلسلة من الحاسبات الإلكترونية لتكئين السيطرة على المحطة من داخل غرفة التحكم الرئيسية . فتتقل حوالى ٣٠٠٠ (ثلاثة آلاف) من القياسات المنفصلة (غير المترابطة discrete) الى نظام التحكم الرئيسى حيث تحلل وتسجل هذه القياسات . أما التحكم فى المحطة فيتم من خلال شاشات (استظهار) فيديو للمراقبة Monitors والأفلام الضوئية Light Pens .

ومجموعة التوربين/مولد كهربى سعة ١٢ر٥ م.و. لها منخلين (فتحتين) لسحول البخار الأول لبخار المستقبل ذى الضغط العالى (١٤٥٠ رطل/بوصة مربعة - ٩٥٠ درجة فهرنهايت) والثانى لبخار



التخزين الحرارى ذى الضغط المنخفض (٣٨٥ رطل/بوصة مربعة - ٥٢٥ درجة فهرنهايت) .

ويستخدم النظام الفرعى لتمييز الحزم الإشعاعية لتدريج Calibrate الحزم الإشعاعية لكل هليومستات منفردة بالنسبة لنقطة الهدف الخاصة بها والواقعة على المستقبل سواء شكل الحزمة أو كثافة القدرة Power Density لهذه الحزمة .

معاملات التصميم الإبتدائية Initial Design Parameters
صممت المحطة لانتاج قدرة كهربائية لتغذية الشبكة الكهربائية لا تقل عن ١٠م.و (بعد تغذية مساعدات المحطة) ولمدة ٤ ساعات (لأسوأ يوم من الناحية التصميمية Worst Design Day) ولمدة ٧٨ ساعة (لأفضل يوم من الناحية التصميمية Best Design Day) وفى الظروف المثالية للتشغيل تقدر الطاقة الصافية المرسله الى الشبكة بحوالى ٢٨٠٠٠م.و/س سنوياً. ويصمم المستقبل لانتاج بخار تحت ضغط ١٤٦٥ رطل بوصة مربعة (مطلق) وبمعدل تدفق ١١٢ر٠٠٠ رطل/ساعة والقدرة الكهربائية المحول من الطاقة الحرارية المخزنة صممت على أساس ٢٨م.و. كذلك صممت المحطة لتعطى أقل حمل ٢م.و (أى نسبة الحمل المقتن الى أقل توليد ٥ : ١) ويمكنها أن تعمل بعد أدنى للاشعاع الشمسى ٤٥٠ وات/متر مربع .

وأهم ما تمخضت عنه الاختبارات :

أثناء مرحلة الاختبارات أمكن لمحطة د سولار وان « أن تصل الى سعتها المقتنة المطلوبة وهى ١٠م.و وصافى (أمكنها تحقيق ١٠ر٤م.و) من بخار المستقبل و٧م.و (صافى أمكنها تحقيق ٣٧٣م.و) من بخار التخزين الحرارى . وكانت المحطة تعمل أقل من مستوى ٤٥٠ وات/متر مربع (أمكن تحقيق ٣٠٠ وات/متر مربع) وأمكنها العمل بنسبة Turn-down (الحمل المقتن/أقل تحميل لمجموعة التوليد) وصلت الى ٢٠ : ١ (أى أن أقل توليد يعادل ٢٠م.و) .

تحقق أثناء الاختبارات من امكانية تشغيل المحطة بأمان وبدرجة عول (ثقة عالية) وبنفس الكادر البشرى لتشغيل المحطات الحرارية التخليدية .

وأخيرا يمكن أن نقول انه - وعلى الرغم من أن محطات الاستقبال المركزية من المحتمل مستقبلا أن تستخدم موائع - أكثر تقدما مثل الملح-

المنصهر - كوسائط لنقل الحرارة الا أن البيانات التصميمية والتشغيلية لمحطة « سولار وان » أفادت - وسوف تفيد دون شك مرحلة الانتاج التجارى لمحطات الاستقبال الشمسية المركزية فى الأعوام القادمة ان شاء الله .

٢ - دراسة جدوى مبدئية لتركيب استقبال حرارية مركزية تعمل بالطاقة الشمسية بواحة الفرافرة بجمهورية مصر العربية :

فى عام ١٩٨٤ تم الانتهاء من دراسة جدوى مبدئية لاقامة محطة استقبال مركزية حرارية تعمل بالطاقة الشمسية Solar Thermal Central Receiver (STCR) Power Stn. وفى هذه الدراسة تم تقييم المتطلبات (الحالية) والمتوقعة من القوى الكهربائية اللازمة لاستصلاح الأراضى بواحة الفرافرة ودراسة امكانية توفير هذه الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية ومن ثم عمل خطة للتصميم ولتطوير المحطة المطلوبة . وقامت فعلا وزارة التميمير المصرية بتكليف مكتب استشارى أمريكى/مصرى (مؤسسة مارتين مارتينا) مع المركز العربى للدراسات التميمير والاستشارات لعمل هذه الدراسة تأسيسا على المعلومات المستفادة من وزارة التميمير وهى : -

- سعة نظام القوى المطلوب ٢١٥ م.و. لخدمة ٥٠.٠٠٠ فدان .

- معامل السعة ٧٥ % .

- فترة تخزين للأملح المنصهرة ١٨ ساعة .

وأوصت الدراسة ببناء محطة (STCR) سعة ١ ميجاوات فقط كمحطة ريادية - لخدمة الخمسة آلاف فدان الأولى وذلك كبيان على مدى تأثير هذه التقنية .

ولقد تم اختيار هذا النظام (STCR) نظرا لامكانية هذه التقنية تزويدنا بمستويا تمعقولة من القوى (الطاقة) المركزية خلال أى من الليل أو النهار وذلك لخدمة أغراض الرى - والانارة والأغراض التجارية والصناعات الزراعية .

متطلبات القدرة : متطلبات القدرة لموقع الفرافرة لابد وأن تكفى لموقع مساحته ٥٠.٠٠٠ فدان وما يحتاجه هذا الموقع من استخدامات زراعية ومنزلية . أما الاستخدامات الزراعية فتتضمن القدرة (أو القوى)

وذلك تأسيسا على افتراض تشغيل ٢٤ ساعة يوميا . لذلك فقد استخدمت الدراسة الرقم الإجمالي ٢١٥ ميجاوات كخط أساسي Baseline لتحديد حجم نظام القوى STCR لهذا الموقع البالغ مساحته ٥٠٠٠٠ فدان .

وجزء من الخمسة عشر (١٥) ميجاوات - أى متطلبات الضخ - مستظل مطلوبة (على الرغم من وجود المياه الجوفية تحت ضغط كاف يتراوح ما بين ٤ الى ١٠ ضغط جوى) لتوزيع هذه المياه باستخدام أسلوب الرش بالرش Sprinkler أو التنقيط .

التصميم المبدئى : صمم النظام ليعمل بكفاءة - وبسعة ٢١٥ م.و.م - لتجميع الطاقة الحرارية ذات درجة الحرارة العالية داخل مائع Fluid عبارة عن ملح منصهر ويتم من خلال استخدام عدد كبير من المرايا النوازة Heliostats لتعكس الأشعة الشمسية الساقطة عموديا عليها الى جزء مستقبل Receiver مركزي ويدار (يلف) مائع الملح المنصهر - (وهو عبارة عن ٦٠٪ من وزنه نترات الصوديوم KNO) + ٤٠٪ من وزنه نترات البوتاسيوم Na NO) داخل المستقبل Receiver حيث يسخن بواسطة أشعة الشمس المسلطة عليه . ويمكن استغلال هذا المائع الساخن أما مباشرة لتوليد بخار عالى الضغط والحرارة من خلال سلسلة متتالية (متوالية) من المبادلات الحرارية والذي (أى البخار) يستخدم لإدارة مجموعة توربين/مولد لتوليد الكهرباء . أو بتخزين المائع الملحي (المنصهر) بكميات كبيرة لاستخدامه طوال الليل والنهار لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام نفس العملية المشار إليها . ويبين الشكل (٢ - ٢٧) العناصر الرئيسية لهذه العملية .

ويتمتع النظام المصمم على شكل مراحل نمطية Modular System بعدة سمات لها جاذبية من الناحية المالية فمثلا الاتفاق من الرسائل الأصل (الابتدائى) أقل كثيرا بالنسبة للمحطات الأصغر كما أن تمويل الأنماط المضافة Additional Modules يمكن تحقيقه ببساطة ويسر حيث أن زيادة الطلب على القدرة (القوى) يعكس شعورا لدى المولدين بنجاح المشروع .

أما المشروع المقترح لواجهة الفوارة فيتضمن كذلك محطة قوى تعمل بالديزل كمصدر احتياطي لمواجهة حالات الطوارئ (وهذا تصميم تقليدى بالنسبة لآى موقع نائى) والقوى الكهربائية ضرورية لتشغيل النظام الشمسى أثناء بده تشغيله وكذلك أثناء الفترات التى لا يولد فيها

النظام أى طاقة كهربائية ويمكن توليد الطوارئ (الديزل) أن يسد
الاستخدامات - ذات الطبيعة الخاصة والتي لا تتحمل انقطاع التيار
الكهرى - بالطاقة الكهربائية اللازمة (مثل المستشفيات أو نظم
الاتصالات) فى أوقات عدم توليدها من النظام الشمسى STCR

والكفاءة الكلية لمشروع (المحطة) المقترح تبلغ ١٨٪ . أما الخرج
الصافى من المحطة (سنة ٢١٥ م . ٥٠) وبافتراض معامل سعة يعادل
٧٥٪) يصبح ٢٧٠ ر ١٤١ م . ٥٠ سنويا .

وتعتمد نتائج التحليلات الاقتصادية للمشروع على ثلاث
معاملات هى :-

- قيمة النفط الذى يمكن اقتصاده بافتراض قيمة لسعره العالمى .

- معدل تصعيد سعر النفط .

- تكلفة النقود Cost of Money

ولقد أظهرت الدراسة أن إنشاء محطة شمسية بسعة ٢١٥ م . ٥٠
بواجهة الفرازة يمكن أن يكون أفضل اقتصاديا من إنشاء محطة توربينات
غازية تعمل بالسنولاز (وذلك وفقا لأبحاث عام ١٩٨٣) وبافتراض ثبات
سعر السنولاز (أو النفط) على طول أمداد عمر المحطة وبطبيعة الحال
تبدو هذه الميزة أكثر وضوحا عند ادخال عنصر أهمية توافر العملة الحرة
فى المقارنة الاقتصادية .

تضمنت خطة المشروع إنشاء محطة تجريبية لخدمة ٥٠٠٠ فدان
بالموقع وذات امكانية توليد طاقة سنوية قدرها ٦٦١٠ م . ٥٠ سنويا
لخدمة الأراضي المستصلحة أولا بالواجهة . وفى هذه المرحلة قدرت الدراسة
أنه لا حاجة - فى المرحلة الأولى - للضخ من آبار عميقة فخرانات المياه
الجوفية تحت ضغط يتراوح - من ٤ الى ٦ ضغط جوى . ومن ثم فتتدفق
المياه دون حاجة الى ضخ . الا أن هذا الضغط سوف يقل حتما بزيادة
الطلب على المياه عند زيادة السكان .

أى أن القدرة المطلوبة لخدمة ٥٠٠٠ فدان = ٥٠٠٠×٠.٤٧ =
٢٣٥٠ م . ٥٠

وإذا استبعدنا القوى الكهربائية المطلوبة للضخ يصبح اجمالى القدرة
المطلوبة لخدمة ٥٠٠٠ فدان = ٥٠٠٠×٠.٢٢ = ١١٠ م . ٥٠

يبين الجدول (٢ - ١) المتطلبات المبدئية (الأساسية) للقوى الكهربائية لواحة الفراقة .

جدول (٢ - ١) : المتطلبات المبدئية للقوى الكهربائية لواحة الفراقة

القدرة (ك.و. / فدان)	الفرض المتشود أو المستهدف
٢٥ ر.	- الضبخ
٢٠٤ ر.	- الاسخدامات المنزلية
١٠ ر.	- السرى
٢٠٨ ر.	- الصناعات الزراعية الخفيفة
٤٧ ر.	الاجمالى

وطبيعى فمن المتوقع حدوث زيادة تدريجية فى عدد السكان كلما زادت مساحة الاراضى المستصلحة .

ولقد قمرت الدراسة قيمة تقديرية لتكلفة هذا النظام الشمسى STCR التجريبي سعة ١٠ م و ٠ موزود بنظام تخزين ١٨ ساعة وبمعامل سعة ٧٥٪ قبلت ما يتراوح ما بين ٢٨ الى ٤٠ مليون دولار (مقيماً بدولار عام ١٩٨٣) .

٣ - المشروع الأمريكى العملاق لانشاء محطات شمسية فى الفضاء الخارجى لغذمة كوكب الارض :

كان نجاح برامج الفضاء فى الستينيات من هذا القرن ومن بعده بروز مشاكل الطاقة فى أنحاء العالم وخاصة بعد حرب أكتوبر عام ١٩٧٣ وما أعقبها من خطر للبتروال العربى شاحدا لهم علماء الطاقة فى العالم للاتجاه لايجاد بدائل مناسبة كمصادر للطاقة بدلا من المصادر التقليدية المعروفة ومن ثم برزت فكرة انشاء محطة فى الفضاء الخارجى لتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية (SPS) Solar Power Satellite وبشها الى محطات الاستقبال الأرضية . وذلك بتجميع الأشعة الشمسية

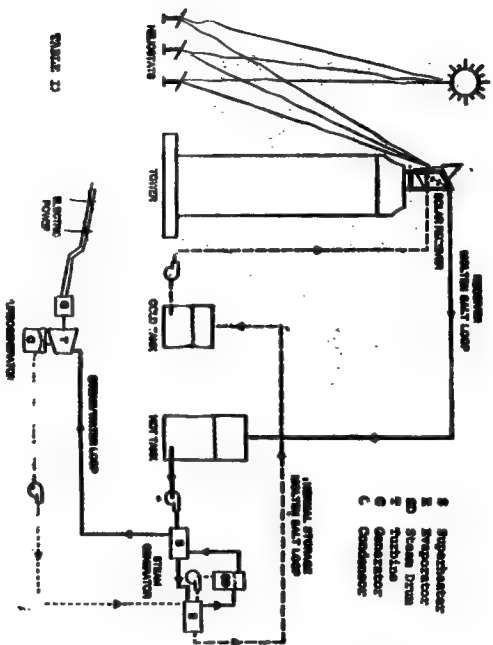


FIGURE 22

(شکل ۲۲ - ۷۸)
 سیستم استحصال نمک از آب شور با استفاده از انرژی خورشیدی

وتحويلها الى طاقة تيار مستمر باستخدام عدد هائل من الخلايا الفوتوفولطية ثم تحويلها الى موجات متناهية الصغر Microwave ثم ينقلها بواسطة عدد كبير من الهوائيات الضخمة الى كوكب الأرض حيث يتم استقبالها في محطات تقوم بتحويل هذه الموجات الى طاقة كهربائية للاستخدامات العادية .

وقد قامت الولايات المتحدة الأمريكية باعداد مشروع لانشاء مستنقعة محطة فضائية قادرة كل منها خمسة جيكاوات أى بقدرة اجالية مقدارها ٣٠٠ جيكاوات وهو ما يعادل ١٢٪ من القدرة اللازمة لاستهلاك العالم عام ٢٠٢٠ والتي تقدر بحوالى ٢٥٦٥ جيكاوات حسب تقديرات معهد أبحاث الطاقة الأمريكي ويبدأ العمل فى تركيب هذه المحطات عام ٢٠٠٠ وتقدر تكاليف انشاء محطة واحدة قدرة ٥ جيكاوات والمحطة الأرضية الواحدة بحوالى ١٢ بليون دولار أمريكى بينما تقدر الاستثمارات اللازمة قبل بدء تشغيل المرحلة الأولى بحوالى ٧٤٠ بليون دولار أمريكى . أى أن المشروع يكلف حوالى ثلاثة أرباع تريليون دولار أمريكى .

ويهدف هذا المشروع الى انشاء ٦٠ محطة تدور فى توافق زمنى (نفس السرعة) مع الأرض فى مدار يبعد ٣٥٩٠٠ كيلو متر عنها .

مراحل المشروع :

اشتركت كل من هيئة الفضاء الأمريكية NASA وقسم (وزارة) الطاقة الأمريكى U.S. Dept. of Energy فى وضع تصميم لمشروع يكون مرجعا للمراحل التالية - وهذا (Reference System Design) التصميم يشتمل على ثلاث مراحل رئيسية وهى :

١ - مرحلة تحويل طاقة التيسار المستمر المولدة داخل البطاريات الفوتوفولطية الى موجات متناهية الصغر .

٢ - مرحلة السيطرة على هذه الموجات بدقة متناهية لتصل الى المواقع المحددة لاستقبالها على سطح الأرض .

٣ - مرحلة تحويل هذه الموجات الى طاقة تيار مستمر .

نبذة عن التصميم المرجع للمشروع :

تتكون كل محطة - والتي سعتها ٥ جيكاوات - من عدد هائل من البطاريات الفوتوفولطية مرتبة في صفوفات ومثبتة في هيكل اما من مادة جرافيتية أو من سبائك من الألومنيوم . ويقترح التصميم بديلين للبطاريات الفوتوفولطية وهي اما استخدام بطاريات من بلورة أحادية من مركب الجاليوم - الألمنيوم - مع تركيب عاكسات لمضاعفة تركيز الاشعاع الشمسي . وتحتاج المحطة عند استخدام هذا النوع من البطاريات الى حوالي ٥ بلايين وحدة . أو استخدام بطاريات كل منها من بلورة أحادية من السيليكون ولكن بدون وسائل اضافية لتركيز الشعاع . وتحتاج المحطة الواحدة عند استخدام هذا النوع من البطاريات الى حوالي عشر بلايين وحدة .

وتحول طاقة التيار المستمر المولدة داخل هذه البطاريات الى تيار متناوب ذي تردد عال (٢٤٥-٢٥٠ جيكا هرتز) بواسطة محولات تيار مستمر / تيار عالي التذبذب RF تم بنائها من هوائيات قطر الهوائي الواحدة واللازم للمحطة هو حوالي كيلو متر وهو يتكون أصلا من مجموعة من الهوائيات مرتبة في (٧٢٠) صفوف وكل منها حوالي ١٠ × ١٠ متر ، وتحتاج كل محطة الى (١٠٥٥٢) صمام كلايسترون Klystron قدرة كل منها (٧٠) كيلوات وفي مراحل الدراسة الأولى كان التفكير في بديلين لنقل الطاقة وهما اما استخدام طريقة البث بالموجات المتناهية الصغر أو باستخدام أشعة الليزر . وقد استقر الرأي على البديل الأول لتوافر التكنولوجيا الخاصة بصورة أوسع من البديل الثاني . كما يقوم قسم أبحاث الطاقة الأمريكي حاليا بدراسة إمكانية استخدام الكثرنيات الجوامد لتحل محل الصمامات .

ويقابل كل هوائي بالمحطة الفضائية هوائي استقبال على المحطة الأرضية لاستقبال الموجات المنبعثة وتمتد شبكة الهوائيات الأرضية على مسافة مقدارها ١٠ × ١٣ كيلو متر .

وتقدر الكفاءة الكلية المتوقعة بحوالي ٦٣٪ .

عملية بناء المحطة الفضائية :

يقدر المشروع المرجع الأبعاد الخارجية لكل محطة ب ٣٠ × ٤٠ × ١٠ م .
٥٠ كيلو متر ووزن المنشآت بحوالي ٥١ مليون كيلو جرام .

ونظرا لهذا الحجم والوزن الضخم بالإضافة الى التعقيدات التي يتضمنها التصميم فكان هنالك السؤال الذى طرح نفسه أمام المصممين وهو كيف يتم انشاء هذا البناء الضخم فى الفضاء وفعلا نوقشت ثلاثة اختبارات وهى : -

١ - أن تتم عملية البناء فى مدار قريب نسبيا - يبعد ٤٨٠ كيلو متر عن الأرض ثم نقل البناء الى المدار البعيد ويبعد ٣٥٩٠٠ كيلو متر .

٢ - أن تتم عملية البناء كلها فى المدار البعيد .

٣ - أن يستخدم المدار القريب كمحطة تجميع وتجهيز المهمات ثم نقلها الى المدار البعيد التركيب والانشاء .

وقد استقر الرأى على اختيار البديل الثالث لعدة أسباب منها أن الجاذبية الأرضية فى المدار البعيد تقلد بحوالى ١/١٠٠ منها فى المدار القريب مما يسهل عملية الانشاء فى المدار البعيد بالإضافة الى أن قوة سحب الهواء Aerodynamic Drag تكاد تكون معدومة فى المدار البعيد وكذلك فإن الآثار الحرارية على مواد الانشاء ومشاكل انقطاع الطاقة أثناء المرور خلال منطقة عل الأرض أقل دائما فى حالة المدار البعيد .

ووسائل نقل الأشخاص والمعدات تتكون من ٤ مركبات يمكن استخدام كل منها لمرات عديدة وهى :

١ - المركبة المصعد A Heavy Lift Launch Vehicle وهى مركبة مكونة من مرحلتين تحمل المهمات الى المدار القريب وطولها ١٥٤ متر وذات طاقة رفع قدرها (١٠٤٠) طنا لرفع (٤٢٤) طنا من المهمات فى كل وحدة وتستخدم (١٦) محركا يعمل بوقود من خليط من الاكسجين والميثان السائل تعمل فى المرحلة الأولى بينما يعمل (١٤) محركا بطاقة الهيدروجين فى المرحلة الثانية .

وتعمل محركات المرحلتين معا عند عودة المركبة الى الأرض .

٢ - مركبة لحمل المهمات الى المدار الثابت البعيد وتعمل بالكهرباء Electric Space Tug المولدة بواسطة بطاريات الجاليوم الفوتوفولطية وتستغرق المرحلة للوصول الى المدار البعيد (١٣٣) يوما ورحلة الذهاب والعودة الى (١٨٠) يوما . بينما تحتاج فى حالة استخدام بطاريات السيليكون الى (١٦٠) يوما فقط .

٣ - مركبة مصعد مكوكية لنقل الأشخاص Personnel Launch Vehicle وهي مركبة ذات مرحلتين لحمل الأشخاص بين الأرض والمدار القريب وتكفي لحمل ٧٥ شخصا في الرحلة الواحدة وتستخدم (٤) محركات تعمل بخليط الأكسجين والميثان السائل .

٤ - وأخيرا مركبة مكوكية لنقل العاملين والذين يقدر عددهم بحوالي (٦٠٠) بين المدار القريب والمدار البعيد وهي عبارة عن صاروخ ذي مرحلتين ووزنه (١٥١) طنا يتسع لـ (١٦٠) شخصا .

كلمة أخيرة عن المشاكل التي تواجه المشروع :

ما زال هنالك العديد من المشاكل التي تواجه تنفيذ هذا المشروع الضخم منها الاقتصادية ومنها الهندسية ومنها ما يتعلق بالبيئة وما زال حل هذه المشاكل يحتاج الى المزيد من الدراسات والأبحاث مثل المصعد الهائل من البطاريات والهوائيات وترتيبها في مصفوفات وعمليات تركيب المحطات والسيطرة اللازمة وعمليات النقل ثم عمليات استخراج المعادن وتصنيعها . . الى آخر هذه المشاكل التي لابد من مواجهتها بصراحة وموضوعية . ويعتبر هذا المشروع من أوائل المشاريع التي لا تحتاج الى مناقشات فنية فحسب بل الى مناقشة النواحي السياسية والاجتماعية والبيئية المتعلقة بالمشروع والذي يمكن في حالة نجاح تنفيذه أن يكون من أفضل البدائل لمصادر الطاقة النظيفة المتاحة في عالم الغد .

البَابُ الثَّانِي

الفصل الثالث

طاقة الرياح

استخدمت طاقة الرياح منذ أقدم العصور في دفع السفينة الشراعية وكانت هي الوسيلة الوحيدة لتسيير السفن ولا زالت تستخدم حتى الآن لهذا الغرض في بعض الدول . كما استخدمت طاقة الرياح في إدارة طواحين الهواء التي استخدمت منذ أقدم العصور وفي كثير من الدول في رفع المياه من الآبار وفي طحن القلل والحبوب .

ومن الناحية التاريخية يمكن اعتبار وسائل تحويل طاقة الرياح كواحدة من الآلات الأساسية للإنسان . فلقد وجدت آلات ذات المحور الرأسي في إيران (بلاد فارس) منذ مئات السنوات قبل (الميلاد) وهذه الآلات البدائية ظلت كما هي حتى القرن الثاني عشر (١٢) عندما ظهرت طواحين الهواء - ذات المحور الأفقي في كل من إنجلترا وفرنسا وفي هولندا وأدخل الهولنديون هذه الآلات إلى أمريكا في منتصف القرن الثامن عشر واستخدمت هذه في ضخ المياه . وبعمر الأعمام تغير تصميم طواحين الهواء كثيرا . وتم إنتاج أول جيل من طواحين الهواء الحديثة عام ١٨٩٠ - لتوليد الكهرباء في الدانمارك . وبحلول عام ١٩٠٨ كان مئات من طواحين الهواء التي تتراوح سعاتها من ٥ إلى ٢٥ ك.و. تنتشر في الدانمارك .

وجدير بالذكر أن آلات الرياح هذه لعبت دورا بارزا في القارة الأمريكية حتى الثلاثينات من هذا القرن عندما صدر قانون كهربة الريف والذي وفر الطاقة الكهربائية - بسعر رخيص - للزراع (الفلاحين) ولا يزال بقايا من هذه الآلات نراه متناثر في العديد من الأماكن في القارة الأمريكية .

إلا أنه نظرا لعدم ثبات سرعة الرياح وعدم استثمارها فقد تأخر استخدامها كوسيلة رئيسية من وسائل توليد الطاقة الكهربائية . ويمكن تصور عدم الثبات في القدرة المنتجة عنها إذا علمنا أن القدرة الناتجة

عن حركة الرياح تتناسب مع سرعة الرياح مرفوعة الى الأس الثالث بالإضافة الى أن كفاءة تحويل الطاقة تتوقف على سرعة الرياح ومحرك الرياح من نوع المروحة له كفاءة تصميمية ٦٠٪ إلا أن الكفاءة الفعلية لا تزيد عن ٤٠٪ .

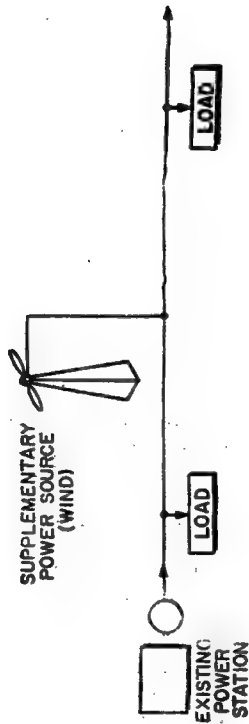
وتصنيع المحركات الهوائية أما من مراوح ذات جناحين أو ثلاثة أو أربعة أجنحة وأما من تربينات هوائية ذات عدد كبير من الريش . وتفضل المحركات المروحية في حالة استخدامها لإدارة مولدات كهربائية حيث أن لها سرعة أكبر مما يقلل من حجم كل من المحرك والمولد الكهربائي وبالتالي يقلل التكاليف .

وكانت تستخدم مجموعات التوليد التي تدار بالرياح منظمات للسرعة لتتحفظ التردد والجهد للقدرة المولدة ثابتا ، إلا أن هذه المنظمات تؤثر على كفاءة التوليد ولذلك فقد اتجه الرأي الى استنباط نوع أحدث من المولدات صغير الحجم قليل التكاليف وذو تردد وجهد ثابت لا يتوقف على سرعة الرياح . وتمتد نظرية هذه المولدات على توليد طاقة كهربائية ذات تردد عال ثم تعديل هذا التيار ذو التردد العالي الى تيار ذو تردد ٥٠ هرتز بواسطة دوائر كهربائية مختلفة وبذلك يمكن الحصول على طاقة كهربائية ذات تردد ثابت لا يتغير مع تغير سرعة الرياح .

نبذة عن بعض مجالات استخدامات طاقة الرياح بصغر

بدأ الاستخدام الحديث لطاقة الرياح في مصر على شكل وحدات صغيرة على السواحل الشمالية وثبت من الاستخدام أنها على جانب من الفائدة . وصغر الوحدات يحل الكثير من المشاكل الميكانيكية مثل اتزان فروع المراوح ومشاكل الانشاء . وفي هذا الاتجاه تم التعاقد بين وزارتي الكهرباء والطاقة والصناعة بصغر لتصنيع وحدات (لا تزيد عن ١٠٠ ك.و.) وتغير سرعة الرياح خلال السنة من ٣ الى ٨ كيلو متر في الساعة بخلاف الزوايا والسمعات الهوائية كما تختلف السرعة من عام الى آخر في حدود حوالى ١٠٪ ولذلك فإن القدرة المولدة من المحركات الهوائية لا تمثل كمية ثابتة يعتمد عليها . وتصلح محركات الهواء في انتاج الطاقة للمناطق النائية إلا أنه قد يكون من المفضل ربطها مع طريقة أخرى من طرق انتاج القدرة لضمان استمرارية التغذية .

ولا شك فإن اتاحة الطاقة الرخيصة من الرياح - أو حتى من الطاقة الشمسية في المناطق المعزولة يمكن أن يسهم في تطوير النشاط السكانى



(شكل ٣ - ١)

استخدام كوسيلة لتزويد الطاقة التقليدية

الحالي وزيادته بل وادخال صناعات جديدة تعتمد على الانتاج الفعل لهؤلاء السكان مثل حفظ الاسماك وتجفيف الفواكه وانتاج الزيوت والصناعات المترتبة على الزيوت وذلك بالإضافة الى تنمية الانتاج الزراعي باستخدام الطاقة المتاحة في رفع المياه من الآبار ويتفكير ذى مدنى أبعد استخدام هذه الطاقة في وحدات صغير لا عذاب المياه .

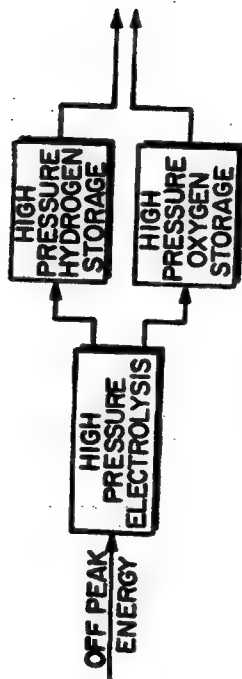
وبالنسبة لاستخدامات طاقة الرياح فذكر التطبيقات التالية :

- ضخ المياه باستخدام مراوح هوائية ومضخات لرفع المياه من الآبار .
وجدير بالذكر فانه يمكن لمضخة سمعتها حوالى ٥ كيلوات رى حوالى ١٠ أفدنة من الاراضى .
- توليد الطاقة الكهربائية فاذا كانت الطاقة المطلوبة محدودة فيمكن مثلاً باستخدام مراوح كهربائية - من النوع المروحي - مع مولد كهربى ذى جهد ٢٢٠ فولت - ليعمل بالتوازي مع مولد ديزل لمعاونته ومن ثم ترشيده استهلاكه للوقود .
- بالنسبة لتوليد الطاقة الكهربائية على نطاق أكبر - وليكن من ١٠٠ ك.و. حتى ١٠٠٠ ك.و. - فيمكن ذلك باستخدام توربينات هوائية ذات ريشتين كبيرتين مع مولدات بجهد منخفض (٢٢٠ أو ٣٨٠ فولت مثلاً) .
- بالنسبة للمستويات الأعلى فيمكن الاستفادة من التطورات الحديثة في مجال التوربينات الهوائية (مثل النماذج ١ ، ٢ ، ٥ ، ١٠٠٠ الخ) والتي سيعد ذكرها بعد .

تخزين طاقة الرياح لاعادة استخدامها

تستخدم المولدات المدفوعة بقوة الرياح في المناطق المنعزلة ونظراً لعدم استمرار قدرة الرياح واستقرارها فمن المفضل أن يستخدم مع هذه المولدات مجموعات لتخزين الطاقة المتاحة في الرياح في أوقات عدم الحاجة إليها أو زيادتها عن المتطلبات ثم اعادة استخدامها في وقت الحاجة سواء في خلال اليوم أو في أثناء السنة .

وكانت تستخدم المراكم العاصمية أو القلوية في تخزين الطاقة الكهربائية الا أن هذه الطريقة غير اقتصادية حينما تزداد الطاقة المراد



(شكل ٢ - ١)

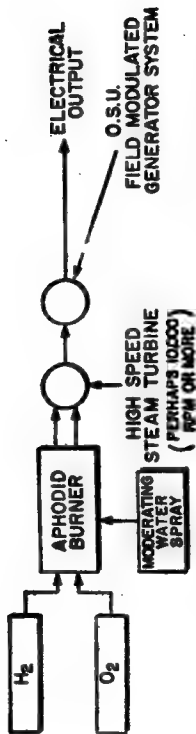
استخدام وسيلة تخزين الطاقة (أثناء فترات الحمل الأدنى) لاستغلالها عندما أولات كثرة الأحمال الكهربائية .

تخزينها أو القدرة التصوي المطلوبة كما أنه من الممكن استخدام طريقة تخزين الطاقة بواسطة رفع المياه ثم إعادة استخدامها في توربينات مائية إلا أن هذه الطريقة مرتفعة التكاليف ولا تكون اقتصادية إلا في حالة تخزين كميات كبيرة جدا من الطاقة .

ولهذا الغرض كان: من المقترح تخزين الطاقة الكهربائية المستنبطة من الرياح والتي تزيد عن حاجة الاستخدامات بواسطة استخدام الكهرباء في خلايا لتحليل المياه الى أوكسجين وهايروجين . ثم يخزن كل من الغازين تحت ضغط مرتفع . وعند الحاجة الى الطاقة يصاد التفاعل الكيميائي بين الأوكسجين والهايروجين لانتاج البخار الذي يمكن استخدامه في تشغيل تربينات بخارية التي تقوم بدورها بالادارة الميكانيكية مباشرة للمصانع أو طلبات الري وأما لتشغيل مولدات كهربائية مرتبطة بالشبكة الكهربائية المغذاة من المولد الذي يجري ادارته بواسطة قدرة الرياح . ويمكن تكثيف البخار الخارج من التربينات وإعادة المياه الناتجة الى الخزانات التي تغذي خلايا التحليل الكهربائي وهكذا تتكرر الدورة . وهناك وسائل أخرى ممكنة وتعتمد على التخزين في خلايا الوقود لانتاج تيار مستمر يتم تحويله الى تيار متناوب (متردد) من خلال أجهزة تعديل التيار (PCS) Power Conditioning System كما يمكن استخدام التوربينات الهيدروجينية للتخزين كذلك .

ولقد أجرت جامعة ولاية أوكلاهوما الأمريكية أبحاثا مستفيضة على نظم التحليل الكهربائي عالية الضغط لتخزين الطاقة High Pressure Electrolysis Energy System لتحديد القيم العملية لمعاملات التصميم لنظم تخزين الطاقة لإعادة استخدامها أثناء فترات ذروة الأحمال الكهربائية (شكل ٣ - ٣) وتمتاز هذه الطريقة بأن الكفاءة الشاملة (من الكهربائية الى الحرارية) أعلى من ٩٠٪ حيث لا تستهلك طاقة في الكبس (compression) حيث لا حاجة الى مضخات أو أجزاء ميكانيكية متحركة .

— وقامت جامعة ولاية أوكلاهوما الأمريكية بإجراء أبحاث مستفيضة على خلايا الوقود ذات عنصري الهيدروجين — والأوكسجين . وأمكنها تسجيل اختراع جديد في هذا المجال عبارة عن حارق يبرد برذاذ من الماء ويغذي بعنصري الأوكسجين والهيدروجين ويطلق عليه Aphodid H₂ — O₂ Water Moderated Burner System وعند اقتران هذا الحارق مع المولد الكهربائي FMGS من خلال توربين بخاري عالي السرعة (شكل ٣ - ٤)



(شكل ٣ - ٢)

وسيلة لاستخلاص الكهرباء من الهيدروجين والأكسجين للمختبرات (حارق الأوكسيد مع منظومة التبريد ذات تيار الاشارة المصل
ومى كيديل غلايا التوربد (شين لأكك القصاديات الأخيرة) . F.M.G.S.

يمكننا بذلك توليد طاقة كهربائية مصنوعها توحيد عنصرى الأكسجين المختزن كل على حدة .

ويمكن أن تصل كفاءة التحويل الحرارى/الكهربى الى ٤٠٪ وهذا النظام كان يعتبر - وقبل تطوير خلايا الوقود بدرجة كبيرة - أكثر اقتصادا .

صودر من الجهود المالية لتطوير وسائل استغلال طاقة الرياح

يجرى استغلال طاقة الرياح منذ العهد الذى وجهت فيه طواحين الهواء . ولكن المنشآت الحديثة التى يتم تطويرها واستخدامها تبدو مختلفة عن مثيلاتها الكلاسيكية مع أنها تعمل بنفس المبادئ . ولقد أدت التصورات المبسطة وعمرنة التخطيط والمواد الجديدة والتفهم الواضح للفيزياء بناء أجهزة لاستغلال طاقة الرياح تختلف اختلافا جذريا عن سابقتها .

ويضم توربين الرياح مركبات قليلة نسبيا وهى بالنسبة للأحجام الصغيرة المتوسطة كما على :

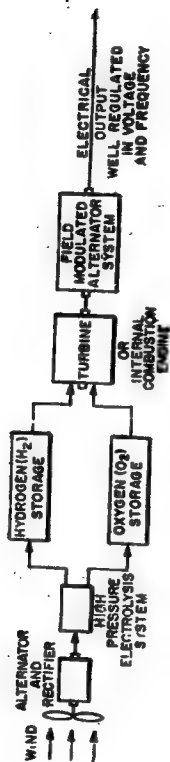
- الموار المركزى الذى يملوه أما محور أفقى على الأجهزة التقليدية
- أو محور عمودى . والدعائم (الأبراج) ويبلغ ارتفاعها - فى أغلب الأحيان - عشرات الأمتار لرفع الدوار فى الهواء .
- مولد لإنتاج الكهرباء .

وذلك للوحدات التى تتراوح سعاتها ما بين بضعة كيلوات الى مئات منها .

أما الوحدات الأكبر والتى وصلت - وفقا لمعلومات الكاتب وقت تحرير هذا الكتاب - الى ٧٥٠٠ كيلوات - فتشمل علالة على ذلك أجهزة أخرى مثل أجهزة اقتران السرعة ما بين التوربين والمولد الكهربى وأجهزة أخرى للسيطرة ... الخ .

وتعتمد السعة على حجم الدوار وارتفاع الدعائم (البرج) وسرعة الريح بالموقع .

وبعد اختيار الموقع تجمع معطيات الرياح فى المنطقة (توزيع الاتجاهات والسرعات على مدار العام) لتسمح بإجراء دراسة مستفيضة لمقائى أحوال المناخ .



(شكل ٢ - ٤)

نظام متكامل لتخزين واستغلال طاقة الرياح .

وحسن اختيار الموقع والمعدات يمكن أن يعطينا الحد الأقصى للطاقة المنتجة . وتعتبر سرعة الريح هي المجال الحاسم في تقرير مدى جدوى وصلاحيّة الموقع المختار بل أن الاختيار الصحيح للموقع ذي سرعة الريح المناسبة قد يهبط بتكلفة الطاقة الكهربائية المولدة من الرياح الى مستوى ينافس تكلفة توليد الطاقة الكهربائية بالطرق التقليدية . وبايجاز شديد يمكن أن نقول أن اختيار الموقع المناسب يسهم في مجال تكلفة الطاقة المولدة كما يسهم فيه تصميم الوحدة المختارة وإن كان لنا رأى في هذا المجال فيمكننا أن نقول أن تقنيات بلوغ الحد الأقصى من انتاج الطاقة لم تدل - حتى الآن - كفايتها من البحث .

وجدير بالذكر أن بعض المؤسسات المعنية بهذه التقنية تلجأ أحيانا الى مزج وحدات فردية كبيرة وصغيرة كلما استدعت الحاجة وذلك بدلا من معايرة وحدات مزارع الرياح .

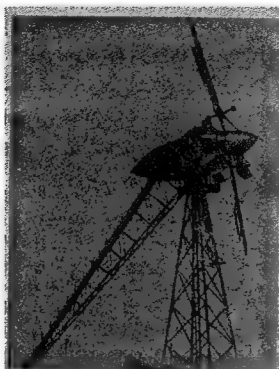
وتصنع ريش *Blades* الدوار التقليدية من مادة صلبة الا أنه ظهرت بالأسواق العالمية دوارات *Rotors* مصنوعة من البلاستيك المرن والذي يقاوم الانحناء فسوق البنفسجي *Ultra Violet* الضار من الشمس وعلى الرغم من قصر عمر هذه الدوارات (حوالى ٥ سنوات مقارنة بالتقليدية التي تبلغ حوالى ١٠ سنوات) الا أن خفة وزن الدوار ومرونته وكفاءته يمكن أن تموض تكلفة استبداله بشكل دورى اذا لزم الأمر .

ومن حيث الأداء نجد أن القدرة المستخلصة - نظريا - من الرياح - عندما تكون السرعة مثلا ١٣ ميلا في الساعة (حوالى ٢١ كم/ساعة) تعادل تقريبا ١٠ وات لكل قدم مربع من المساحة (تؤخذ المساحة عمودية على اتجاه الرياح) هذه القيمة - كما ذكرنا آنفا - هي القيمة نظريا ولكن عمليا فهي لا تزيد عن ٥٩,٣٪ (للأجنحة *wing* المثالية) ولكن نظرا للفاقدات المصاحبة لكل من الجناح - التروس - المولد الكهربى نجد أن الطاقة الحقيقية المستخلصة لا تتجاوز ٣ الى ٣,٥ وات لكل قدم مربع من المساحة (في المثال المشار اليه أعلاه) .

وبدا بناء آلات الرياح الضخمة خلال هذا القرن وكانت أول وحدة تجريبية منها كانت عبارة عن توربين رياح سعة ١٠٠ ك.و. عام ١٩٣٠ في الاتحاد السوفيتى في « بالاكلافا » بالقرب من يالتا على البحر الأسود. وكان أبعاد هذا التوربين هي :

- القطر = ١٠٠ قدم (٣٠ متر)

- ارتفاع البرج = ١٠٠ قدم (٣٠ متر)



(شكل ٣ - ٥)

التوربين للروسي القدرة ١٠٠ كيلو واط



(شكل ٣ - ٦)

التوربين الريفي القدرة ١٢٥٠ كيلو واط (سبيت بوتنام)

- أقصى قدرة مقننة =

١٠٠ ك.و. عند سرعة للرياح = ٢٤.٦ ميل/ساعة

- متوسط السرعة = ١٥ ميل/ساعة

- نوع المولد الكهربى = تائيرى

- جهد المولد الكهربى = ٢٠٠ فولت

وتم توصيل المولد - من خلال خط جهده الكهربى = ٦٣٠٠ فولت.. الى محطة سمعتها ٢٠ ميغاوات تبعد عنها بحوالى ٢٠ ميل . وعلى الرغم من هذه الآلة كانت بمثابة جمل - حيث سطح الريش من معدن والتروس الرئيسية من الخشب الا أنه أمكن توفير ٢٧٩.٠٠٠ ك.و.س. فى عام واحد وكان كل من المولد الكهربى وأجهزة التحكم داخل اطار housing أعلى البرج . وكانت عملية التنظيم تتم من خلال التحكم فى خطوة Pitch الريش . هذا وقد تم تركيب العديد من الآلات الأصغر حجما فى الاتحاد السوفيتى لامتداد الطاقة للمستعمرات الزراعية . وحتى عام ١٩٢٤ كان أكبر توربين رياح سمته ١٢٥٠ ك.و. عندما قام المهندس « بالمربوتنام » Palmer Putnam بتصميم توربين لتوليد الطاقة الكهربائية لتوليد جزء من احتياجاته المنزلية وقسم « بوتنام » أفكاره ونتائج أعماله الأولية الى شركة « سن مورجان شميث » بمدينة يورك بولاية بنسلفانيا الأمريكية ووافقت الشركة على تمويل مشروعه لطاقة الرياح وبعد اختيار الموقع للمشروع التجريبي من بين ٥٠ موقع بولاية فيرمونت على قمة جبل ارتفاعه ٢٠٠٠ قدم (٦٠٠ متر) فى روتلاند . وكان تصميم التوربين والذي كان أكبر توربين تم بناؤه واختباره والذي أطلق عليه نظام « شميث - بوتنام » كالتالى :

- ارتفاع البرج ١١٠ قدم (٣٣ متر) .

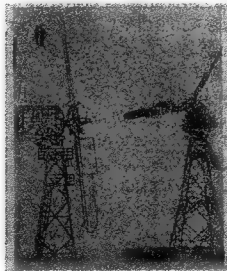
- قطر العمود الدوار ١٧٥ قدم (٥٢.٥ متر) .

- وزن كل ريشة ٨ طن وتتكون من ضلع أو عرق rib من الصلب غير قابل للصدأ Stainless Steel وكان يتم ضبط خطوة Pitch الريشة للحصول على سرعة ثابتة للعمود الدوار ٢٨.٧ لفة فى الدقيقة (ويحافظ على هذه السرعة فى مدى سرعات الرياح تبلغ حتى ٧٠ الى ٧٥ ميل/ساعة) وعند السرعات الأعلى - للرياح - كانت تتوقف الآلة . ويقوم التوربين بإدارة مولد متزامن (للتيار المتناوب) لتوليد ١٢٥٠ ك.و. عند سرعات الرياح ٣٠ ميل/ساعة) أو أكبر وكانت هذه القدرة.



(شكل ٣ - ٧)

التصميم المقترح لتوربين رياح قدرة ٦٥٠٠ ك.و (بني تونس)



(شكل ٣ - ٨)

توربين رياح قدرة ١٣٠ ك.و ثلثته محطة الكهرباء الفرنسية (EDF)

تفدى الى الشبكة الكهربائية التابعة لشركة سميث . ونظرا لبعض حالات - سوء الخط التي قابلت هذا المشروع والذي اعتبر ناجحا فنيا الا انه لم يقدم أهدافه الاقتصادية اذ وجد ان التكلفة لكمية انتاج بسيطة تبلغ ١٩٠ دولار/ك. وبينما كان المستهدف ١٢٥ دولار/ك. و (عام ١٩٤٥) . ولذا أوقف المشروع الا ان مهندسا في لجنة القوى الفيدرالية (اسمه برسي طومسون استفاد من تحليل نتائج التجربة وانتهى من تحليلاته انه لكي يكون المشروع ذي جدوى اقتصادية ينبغي الا تقل قدرة التوربين عن ٥٠٠٠ - ١٠.٠٠٠ ك. و. لذلك قام بتصميم آتية سعة الأولى ٦٥٠٠ والثانية ٧٥٠٠ ك. و. وحاولت لجنة القوى الفيدرالية اقناع الكونجرس الأمريكي بتمويل مشروع ٦٥٠٠ التجريبي. عام ١٩٥١ الا ان قيام الحرب الكورية - الأمريكية حال دون تمويله ومن ثم الفأوه . أما البيانات الأساسية لهذا المشروع كانت كالتالي :

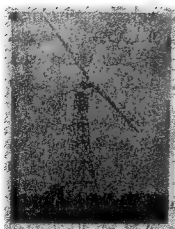
- ارتفاع البرج ٤٧٥ قدم (١٤٢.٥ متر) .
- قطر الأعضاء الدوارة Rotors ٢٠٠ قدم (٦٠ متر) .
- المولد الكهربى تيار مستمر .
- القدرة المبنية ٦٥٠٠ ك. و. عند سرعة الرياح اعل من ٢٨ ميل/ساعة .

وتحول القدرة من التيار المستمر الى التيار المتناوب - من خلال محول متزامن Synchronous Converter ثم تفدى الى الشبكة الكهربائية . وتجمع كل المهمات الكهربائية داخل اطار Housing أعلى البرج . وقدر المهندس (برسي طومسون) التكلفة الاستثمارية لهذا النظام بمبلغ ٧٥ دولار/ك. و. وقتذاك (في الخمسينات) . وكذلك قام البريطانيون ببرنامج للرياح مكثف ابتداء من ١٩٤٥ حتى ١٩٦٠ وقاموا - في الخمسينات - بتصميم وتركيب آلة قدرة ١٠٠ ك. و. لتوليد قدرة كهربية - تيار متناوب - عند سرعة للرياح ٣٠ ميل/ساعة. وقطرها ٧٩ قدم وارتفاع البرج ١٠٠ قدم . وأهم ما يميز هذه الآلة أنها - بخلاف توربينات الرياح التقليدية - كانت تستخدم الهواء - وليس التروس Gears لنقل قدرة Propeller الى مولد الكهرباء - أما ريش المروحة Propeller لنقل قدرة مروحة hollow وكانت عندما تدور فانها تعمل مثلما كمشخة هواء من النوع الطارد المركزى حيث كان الهواء يدخل من فتحات عند أدنى نقطة فى البرج ويدير خلال التوربين. الهوائى الذى يقوم بإعادة مولد الكهرباء ولكن لسوء الحظ كان الفقد -



(شكل ٣ - ٩)

نودين الرياح الدانماركي (جدر) لسدة
٢٠٠ هـ و .



(شكل ٣ - ١٠)

نودين الرياح لطراز صغر في بلاد بروك

نتيجة مرور الهواء في المجرى الداخلي - كبيرا بدرجة قللت من الميزة التي تحققت نتيجة التخلص من (حشف) الأقراص الميكانيكية Mechanical Coupling - كذلك قام الدانماركيون بجهود بحثية في هذا المجال وأقاموا توربين الرياح "The Danish Gedses" عام ١٩٥٧ بقدرة ٢٠٠ كيلو واط عند سرعة للرياح تبلغ ٢٢.٦ ميل/ساعة . وتم توصيل هذه الآلة بالشبكة الكهربائية وقامت بإنتاج حوالي ٤٠٠.٠٠٠ كيلو واط / سنة . وبالنسبة لأبعادها فهي :

- القطر ٧٩ قدم

- ارتفاع البرج ٨٥ قدم

أما المولد الكهربائي فكان موضعه - داخل إطار Housing - أعلى البرج وتكلفة التركيبات لهذا النظام كانت ٢٠٥ دولار/كيلو واط. وظل هذا التوربين يصل حتى عام ١٩٦٨ حيث أوقف نظرا لعدم اقتصاديائه آنذاك .

- كذلك قام الفرنسيون ببعض المجهودات في هذا المجال في الخمسينات حيث قاموا ببناء اثنين كبيرتين . الأولى بقدرة ١٣٠ كيلو واط وقطرها ٧٠ قدم أما الثانية بقدرة ٣٠٠ كيلو واط وقطرها الريشة ١٠٠ قدم .

أما الآن فقد قاموا بعمل رفع جدا خلال الخمسينيات والستينيات والستينيات (بإشراف بروفيسور هاتر Hutter)

وهي آلة بقدرة ١٠٠ كيلو واط عند سرعة للرياح ١٨ ميل/ساعة وكان من أهم ما يميز الآلة الألمانية أنها تتطلب - نسبيا - سرعة للرياح أقل مع وزن أقل حيث أنها كانت تستخدم ريش - قطرها ١١٥ قدم - مصنوعة من الألياف الزجاجية ويرج بصيغ ومجوف وملصق بأسلاك ضد Guy Wires ويمكن تغيير خطوة Pitch الريشة - عند السرعات العالية للرياح - لضبط سرعة دوران المروحة عند قيمة ثابتة .

وظلت هذه الآلة - آلة هاتر - منذ سبتمبر ١٩٥٧ حتى أغسطس ١٩٦٨ والحقيقة فإن الجهود الألمانية - تمثل أهم تقدم في مجال توربينات الرياح الكبيرة .

وعلى الرغم من أن علما كبيرا من دول العالم قام ببناء واختبار نظم لتوربينات الرياح إلا أن هذا النظم تم إيقافها وفكها (حلها) بعد فترة وكانت المشكلة هي أن تكلفة الانشاء لكل كيلو واط كانت عالية جدا مقارنة بطرق الكهرباء الأخرى . علاوة على ذلك - وفظرا لتغير الرياح - فلم

LOWN F-FREQUENCY CONVERSION BASIC PRINCIPLE

- ① AN ORDINARY ALTERNATOR PUTS OUT A SINE WAVE LIKE THIS



- ② IF THE FIELD IS MODULATED BY A MUCH LOWER FREQUENCY, THE OUTPUT LOOKS LIKE THIS



- ③ WHICH CAN BE FILTERED TO THIS



- ③ IF THE PRECEDING DSBSC WAVEFORM IS PASSED THROUGH A BRIDGE RECTIFIER, THE RESULT IS



- ④ NEXT PASSING THIS THROUGH A SILICON CONTROLLED RECTIFIER SWITCH (WHICH IS ADJUSTED TO SWITCH ONLY AT THE PROPER ZERO POINTS) YIELDS



نظرية أو مبدأ تحويل التردد المستعمل في نظام تعديل تيار الاشارة للسرعة الكهروضوئية - بدل الموجة أو التردد الواحد

F.M.G.S.

(شكل - ١١)

يكن يكفي تركيب توربين الرياح وحده بل يؤخذ في الاعتبار نوع ما من تخزين الطاقة والآن وبعد أزمة الطاقة وشعور العالم بضرورة النفط تم اعادة النظر ثانية في طاقة الرياح والمزايا الأساسية لطاقة الرياح كمصدر للطاقة هي :-

- أنه مصدر غير ناضب للطاقة (عكس أنواع الوقود الحفريه وخاصة النفط) .

- انه مصدر نظيف للطاقة .

- تكاد تنعدم تماماً المصاريف الجارية .

يقابل ذلك عيوب أهمها :

- أن الرياح هي مصدر متغير (في السعة والاتجاه) .

- التكلفة الاستثمارية النوعية عالية .

ولاقامة برنامج لاستغلال طاقة الرياح - وهي جزء من الطاقة الشمسية - ينبغي القيام بالتالي :-

١ - دراسات وتركيبات واختبارات لنظم تحويل طاقة الرياح باضافة/ويدون نظم تخزين .

٢ - دراسات وتركيبات واختبارات نظم التخزين .

٣ - دراسات ميتورولوجية (أحوال الطقس) لتقدير طاقة الرياح بالدولة ولتحديد أفضل المناطق ثم مواقع تركيب نظم تحويل طاقة الرياح .

٤ - دراسات وتحديد التطبيقات الملائمة والبيانات العملية Demonstrations لطاقة الرياح .

تطوير المولد الكهربى

- في أواخر الستينيات أمكن لجامعة ولاية أوكلاهوما الأمريكية تطوير نظام لمولد كهربى بتعديل تيار المجال Field Modulated Generator System - FMGS حيث - يكون التردد - للجهد أو التيار الخارج - مستقلاً تماماً عن سرعة المحرك ويمكن ربط هذا النظام بالشبكة الكهربائية (من خلال أحد المفاتيح أو الخطوط) لتمييز قدرته (الشكل ٣ - ٤) .

THREE PHASE VERSION

- ① TAKING A 3Ø GENERATOR, AND SPLITTING OUT ALL THE PHASES, WE GET 3 SOURCES OF HIGH FREQUENCY ENERGY, EACH 120° DISPLACED FROM THE OTHER



- ② IF THE FIELD IS AGAIN MODULATED AT A MUCH LOWER FREQUENCY, THREE WAVEFORMS OF THE SHAPE BELOW ARE OBTAINED



(شكل ٢ - ١٧)

المرسلات (٢٠١) من عملية تحويل التردد المستخدم في نظام تبديل تيار الطاقة الجهدية - FM-G-S - تبديل التردد
المستورد .

نظام تعديل تيار الاثارة للمولد الكهربى FMGS

وهو نظام قادر على تحويل القدرة الخارجية من مولد تيار متناوب صغير على السرعة الى قدرة مقابلة بتردد آخر يتم وفقا للتصميم بما فى ذلك التيار المستمر (تردد صفر) .

ويمكن تحقيق ذلك من خلال :

- تعديل Modulating تيار الاثارة

- تحويل الخارج المحمل Modulated Output للمولد الى الخرج بالتردد المطلوب باستخدام محول Converter بسيط مكون من الجوامد Solid State ويتلخص عمل هذا النظام فى التالى :

١ - ينتج مولد التيار المتناوب العادى جهدا - أو تيارا - يتغير كدالة جيبية كما هو موضح بالشكل (٣ - ١١ - ١) .

٢ - اذا حمل Modulated تيار الاثارة (المجال) بتيار ذى تردد منخفض جدا بالنسبة لتيار خرج المولد (١) فان المحصلة تكون تيارا يشابه الموضح بالشكل (٣ - ١١ - ٢) .

٣ - اذا مرر التيار (٢) خلال موحد قنطرى (أو جبرى) Bridge Rectifier فينتج تيار يشابه الموضح بالشكل (٣ - ١١ - ٣) .

٤ - اذا مرر بعد ذلك التيار (٣) خلال موحد صيليكونى محكوم Silicon Controlled Rectifier (SCR) والذى يتم ضبطه بحيث يمر فقط تقط الملائمة) فينتج تيارا يشابه الموضح بالشكل (٣ - ١١ - ٤) .

٥ - يمكن ترشيح تنقية التيار (٤) ليصبح مشابها للشكل (٣ - ١١ - ٥) .

وبين الشكل (٣ - ١٢ - ١) الدائرة الكهربائية لنظام تعديل الاثارة للمولد الكهربى .

البديل - ثلاثى الأطوار - لنظام تعديل تيار الاثارة للمولد الكهربى FMGS

يمكن تحاشي أغلب المشاكل المترتبة عن عمليات الترشيح Filtering وعمليات فصل / توصيل Switching وذلك باستخدام مولد ثلاثى الأطوار على التردد وذلك كالتالى :

THE MODULATION ENVELOPES OF EACH OF THESE THREE WAVEFORMS ARE ALL EXACTLY IN PHASE, BUT THE HIGH FREQUENCY PORTIONS ARE STILL DISPLACED FROM EACH OTHER BY 120° .

- ③ IF EACH WAVEFORM IS PASSED THROUGH ITS OWN BRIDGE RECTIFIER, THE RESULT IS THREE WAVEFORMS OF THE FORM



IN WHICH THE ENVELOPES ARE AGAIN IN PHASE, BUT FOR WHICH THE RECTIFIED HALF SINE WAVES ARE DISPLACED IN PHASE. WHEN THESE THREE WAVEFORMS ARE PLACED IN SERIES, THE RESULT IS



(شكل ١٢ - ٥)
المرحلة الثالثة .

١ - نأخذ مولدا ثلاثى الأطوار ويشطر جميع الأوجه (الأطوار Phases) وبذلك نحصل على ٣ مصادر للطاقة عالية التردد كل منها مزاح عن الآخر بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية كما هو مبين بالشكل (٣ - ١٢ - ١) .

٢ - إذا تم تحميل تيار الاثارة بتيار ذى تردد منخفض جدا فاننا نحصل على تيار بالمضبو الثابت Stator كما هو مبين بالشكل (٣ - ١٢ - ١) . ونلاحظ أن أغلفة (أو المنحنيات المغلقة Envelope) للتيار المحمل لكل من الثلاث موجات فى نفس الطور In Phase تماما ولكن الأجزاء - عالية التردد - مزاحة عن بعضها البعض بمقدار ١٢٠ درجة .

٣ - إذا تم تمرير كل تيار (تيار كل وجه على حدة) خلال الموحد (المقوم) الجسرى الخاص به فاننا نحصل على ثلاثة موجات لها الشكل (٣ - ١٢ ب) حيث نرى - مرة ثانية - أن الأغلفة لها نفس الطور In Phase ولكن - الموجة الجيبية المعدلة لكل وجه مزاحة بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية عن الأخريات . وإذا قمنا بتوصيل الثلاث موجات على التوالي فينتج عندنا الموجة الموضحة بالشكل (٣ - ١٢ ب) .

٤ - وبعبء امرار التيار (٣) خلال نظام فصل / توصيل الموحد السيليكونى (SCR) ينتج تيار مشابه للشكل (٣ - ١٢ ج - ٤) .

٥ - يمكن بسهولة ترشيح التيار (٤) ليصبح تيار جيبى كما هو مبين بالشكل (٣ - ١٢ ج - ٥) وأبسط أشكال دوائر الترشيح يوضع مكثف ذى سعة ملائمة عبر across الموحدات الجسرية المتوالية .

وتوضح الأشكال (٣ - ١٣ أ) ، (٣ - ١٣ ب) ، (٣ - ١٣ ج) ثلاثة بدائل للدائرة الكهربائية للوصول الى التيار (٥) . وإن كان البديل الأول هو الأكثر عولا والأفضل من الوجهة العملية .

توربينات الرياح الضخمة ذات المحور الأفقى

عام ١٩٧٣ قامت مؤسسة العلوم القومية National Science Foundation ومركز أبحاث لويس التابع لهيئة الفضاء الأمريكية NASA بوضع برنامجا مشتركا لتطوير طاقة الرياح وكانت أمدائه :
- تحديد أشكال لتوربينات الرياح بتكلفة منخفضة .

- ④ WHEN THE SCR SWITCHING SYSTEM IS PLACED IN THE SYSTEM THE RESULT IS

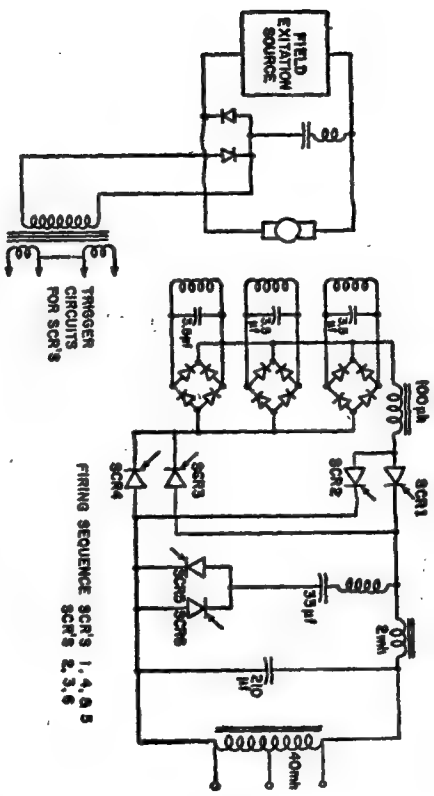


- ⑤ THE PRECEDING IS EASILY FILTERED TO A SINE WAVE, THE SIMPLEST FILTERING SCHEME BEING TO SIMPLY PLACE AN APPROPRIATE CAPACITOR ACROSS THE SERIES BRIDGE RECTIFIERS



(شكل ١٧ - ٣)

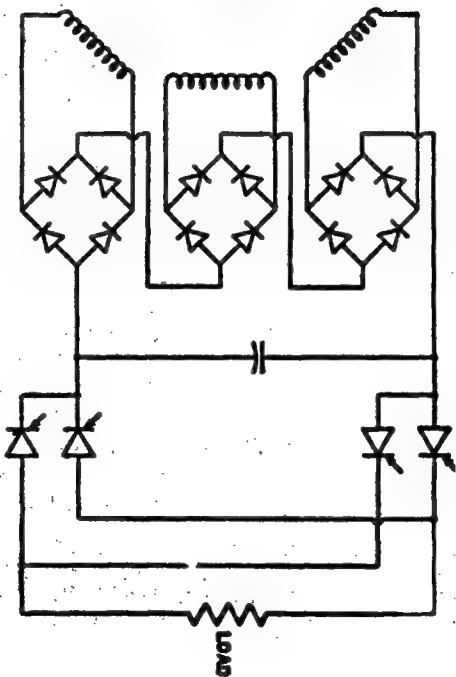
المستطبي المخرجات ٣ : ١٧



(شكل ٣ - ١٣)

تصميم الدارة الكهربائية للنظام لتعديل تيار الاثارة للمولد الكهربائي (اقل تقسيم عمل من درجة تيار علماء جامعة أوكلاهوما الأمريكية)

TO FIELD
MODULATION
SOURCE



(شكل ٨ - ١٥)

• أحد المبادئ (طريقة الاقتران) تسمح بدرجة تعديل تيار اوتارة للسرعة الاكبرى .

- تطوير التقنية لمساندة التصميم الكامل لنظام توربين الرياح .
 - نقل الأبحاث والتقنية من الحكومة الأمريكية الى القطاع التجارى
 - التأكد من تقبل شركات الكهرباء واستغلالها لطاقة الرياح .
- وتمخض البرنامج عن المشروعات التالية :

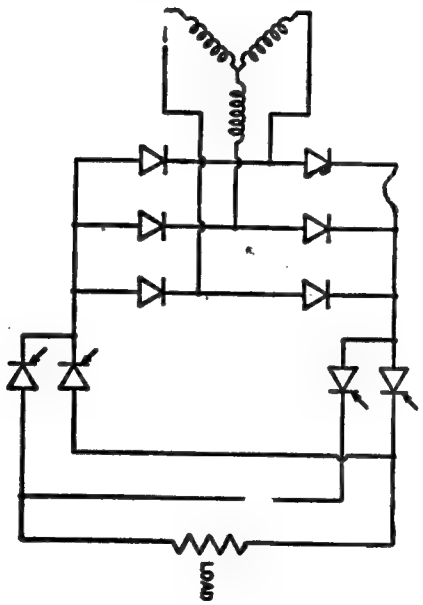
أولاً : النموذج صفر Mod-O : بدأت الجهود - منذ عام ١٩٧٣ - لتحقيق الأهداف المشار إليها عالية وتقرر أولاً تصميم - تصنيع - تجميع - وإقامة معمل لأبحاث توربينات الرياح بمركز أبحاث لويس للقيام بالتجارب والأبحاث اللازمة . وكان المستهدف إقامة توربين رياح يكون كبيراً بدرجة تكفى لامكانية تمثيل التقنية والمشاكل الهندسية المصاحبة للتوربينات - ذات المحور الأفقى الضخمة - وفى نفس الوقت صغيراً للدرجة التى تسمح بها الميزانية المتواضعة . !!

وتم الانتهاء من تصميم وتجميع وإقامة معمل البحوث فى مركز لويس فى سبتمبر ١٩٧٥ فعلاً . وضع التوربين - الذى استقر عليه الرأى - وأطلق عليه النموذج صفر Mod-O بالقرب من مدينة « سانفوسكى » بولاية أوهايو الأمريكية وصمم - أصلاً بالخواص التالية :

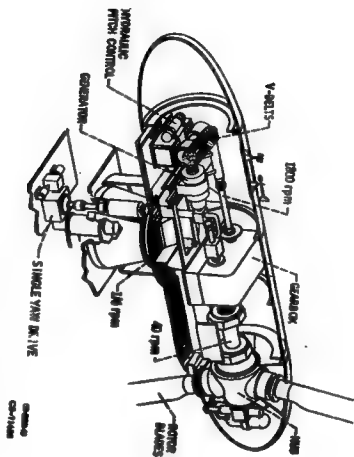
- القدرة ١٠٠ ك.و. عند سرعة الرياح ٨ متر / ثانية (١٨ ميل/ساعة)
- قطر الدوار ١٢٥ قدم (٣٨١ متر) .
- ارتفاع البرج ٩٣ قدم (٢٨٣ متر) .
- سرعة الروتور (الدوار) ٤٠ لفة / دقيقة
- نوع المولد الكهربى ٣ أوجه متزامن
- تردد المولد ٦٠ هرتز (من خلال صندوق تروس ذو نسبة تحويل ١ : ٤٥) أى بسرعة ١٨٠٠ لفة / دقيقة .
- قدرة المولد ١٢٥ ك.و.ف.١٠
- جهد المولد ٤٨٠ فولت

وإمكن لتجهيزات الأبحاث هذه - والمكونة من توربين الرياح النموذج صفر - مع نظم التحكم والبيانات المصاحبة - أن توفر فرصة مبكرة لمعرفة كيفية أداء توربينات الرياح الضخمة وكذا تقييم التصورات (التصميمات) المتقدمة لها وعلاوة على الجهود التى كانت تبذل لتطوير النظم البحثية للطراز صفر فقد تقرر وقتذاك - البسده فى الدراسات - الهندسية والاقتصادية لتحديد أفضل الأشكال بالنسبة

TO FIELD
MODULATOR
SOURCE

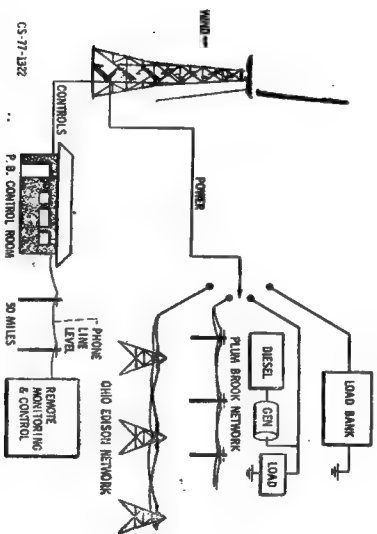


(شكل ١٥ - ٢)
جهاز تاليف تاليف التردد



(شكل ١٦ - ٣)

ترتيب هياكل التوربين الرياىى قدمة ١٠٠ كيلو واط على الريح القابل

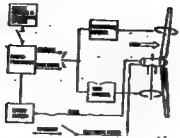


(شكل ١٧ - ٤)

بريدج كتيبة على الطراز سطر .

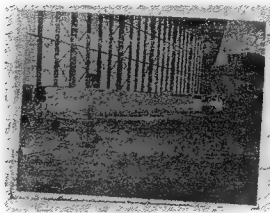
لتوربينات الرياح ذات المحور الأفقى وأكثرها اقتصادا وفى هذا الاتجاه طرحت هيئة الاقتصاد الأمريكية « ناسا » مناقصة أرسيت على كل من مؤسسة « كامان » وشركة جنرال الكتريك فى عام ١٩٧٤ لتقوم كل منها - بإجراء دراسة مستقلة لتصميم توربينات الرياح .

وقامت مؤسسة لوكهيد لصناعة الطائرات بصنع التوربين لحساب هيئة « ناسا » وكانت ريش التوربين تشبه لحد كبير أجنحة الطائرة وطول كل منها ١٨ متر ويزن ٩٠٧ كجم . وللتحكم فى سرعة التوربين - وبالنسبة القدرة الخارجة - كان يتم من خلال التحكم فى خطوة Pitch الريش . ومحور الدوار rotor hub للطراز صفر والذى يحتوى على كل من : ميكانيزم تغيير خطوة الرش - المولد - صندوق التروس والمعدات الميكانيكية والكهربية المصاحبة - وتركب جميعها على هيكل فرشى bedplate Structure وتحوط enclosed بدرع من الألياف الزجاجية يطلق عليه القمرة nacelle ويمكن للقمرة بكل ما تحويه داخلها أن تزاح (تنحرف) فى مستوى أفقى حول البرج حتى تجعل الدوار (الروتور) على خط واحد مع اتجاه الريح . ويتم التحكم فى القدرة الخارجة من خلال مشغلات actuators هيدروليكية والتي تقوم بتغيير خطوة الريش بينما يتولى نظام التحكم فى الإزاحة raw الحفاظ على الدوار مواجها للرياح بحيث يواجه الاتجاه السائد للرياح . ولقد صمم الطراز صفر بحيث يبدأ فى توليد الكهرباء بدأ من سرعة للرياح تبلغ ٢ متر / ثانية وحتى ١٧٩ متر / ثانية حيث تبلغ القدرة - عند السرعة الأخيرة - ١٠٠ ك.و. وعند سرعات للرياح أعلى من السرعة المقننة تستمر قيمة القدرة الخارجة عند المعدل ١٠٠ ك.و. وذلك من خلال ضبط خطوة ريش الدوار (الروتور) لتفريط Spill الطاقة الزائدة . علما بأن أقصى سرعة يمكن أن يعمل عندها الطراز حيث يحددها (تتوقف) على المحددات الهيكلية Structural limits للدوار ومن ثم عند السرعات التى تفوق الحد الأقصى للسرعة يفصل المولد عن الشبكة الكهربائية ويتوقف التوربين . نفس الشيء يحدث عندما تنخفض سرعة الرياح الى أدنى من القيمة ٣٦ متر / ثانية وسبب اتخاذ هذا الاجراء الأخير لمنع سحب قدرة كهربية من الشبكة للحفاظ على سرعة التوربين وعندما يفصل توربين الرياح نتيجة لسرعات للرياح غير مقبولة فإنه يبدأ التشغيل - آليا (أوتوماتيكيا) عندما تصل سرعة الرياح الى الحدود (المستويات) المقبولة وهى فى الطراز - صفر ٨ متر / ثانية وليست ٣٦ متر / ثانية) والهدف من ذلك تخفيض



(شكل ٣ - ١٨)

التحكم أو السيطرة على الطراز صفر .



(شكل ٣ - ١٩)

التدوين الرئيسي طراز صفر

(أ) ريشة الطراز صفر قبل التركيب مباشرة .

(ب) الأبعاد الرئيسية لريشة الطراز صفر الوزن ٩٠٧ كجم .

عدد مرات (دورات) بدء التشغيل / والإيقاف للحالات الخفيف للرياح • وينفس الفلسفة عندما يفصل التوربين نتيجة السرعة العالية (أعلى من ١٧.٩ متر / ثانية) فإنه يمد تشغيله - ألياً - عند سرعة ١١.١ متر / ثانية •

وبالنسبة لاختبارات التشغيل فقد تمت على مراحل أولها تنفيذ الطاقة الكهربائية الخارجة الى حمل عبارة عن مقاومة فعالة وبعد نجاح هذه المرحلة تم توصيل المولد الى الشبكة الكهربائية وبالنسبة لاختبارات الميكانيكية كان أهمها اختبارات التحميل الميكانيكي على الأجزاء المختلفة (الريش - البرج - الدوار) والاهتزازات الميكانيكية • وبعد نجاح الاختبارات اللازمة تم اجراء تعديلات بسيطة مثل إبعاد - أو التخلص من - السلالم Stairs والمهام الأخرى لتحسين تدفق الهواء خلال البرج ومن ثم تخفيض - أو تقليل - الأحمال الميكانيكية على الريش •

٢ - تركيب سواقة drive للزحاحة المزدوجة dual-Yaw والفرملة لنفس الهدف السابق •

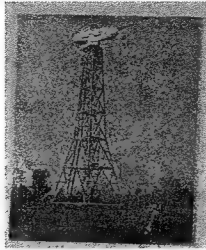
٣ - اضافة اقتران مائى Fluid Coupling للاخماد Damping

أما بالنسبة لنظام التحكم أو السيطرة فقد صمم النموذج صفر ليكون ألياً بالكامل ومن ثم كانت الحاجة الى :

- ١ - نظام لمراقبة حالة الرياح •
- ٢ - نظام للمحافظة على المحاذاة مع الرياح (Alignment with wind)
- ٣ - للتحكم فى القدرة (أو مستوى القدرة) •
- ٤ - نظام للقيام بكل من بدء التشغيل - التوافق - والإيقاف الآمن لتوربين الرياح •
- ٥ - نظام لمراقبة المعاملات الأساسية Key Parameters للتأكد من ان العناصر الحرجة تعمل بحسب الحدود - أو التجاوزات - المسموح بها •
- ٦ - نظام يمكن لمراقب التشغيل بدء التشغيل أو الإيقاف - من على بعد - للتوربين •

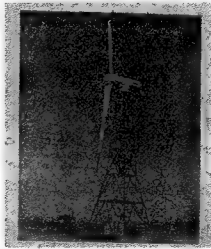
ولتحقيق ذلك تم تصميم خمسة نظم تحكم مستقلة هي :

- ١ - نظام للتحكم فى خطوة ريش الدوار وفى النموذج صفر يستخدم ميكانيزم يعمل هيدروليكيًا للمحافظ على أى من سرعة الدوار



(شكل ٣ - ٢٠)

التوربين الرياسى طراز صفر



(شكل ٣ - ٢١)

التوربين الرياسى من طراز (صفر - ١) والذى تم تركيبه (بولاية
نيومكسيكو الأمريكية)

أو القمرية فزيادة زاوية خطوة الريش من شأنه زيادة قدرة الموارء
وهذا النظام مزود بمحددات أو نهايات صفري وعظمى لزاوية
الخطوة لتجنب السرعات المنخفضة جدا والعالية جدا .

٢ - نظام للتحكم فى الانحراف Yaw للمحافظة على استمرار
التوربين متوافقا مع الرياح وهو يعمل مستقلا عن نظم التحكم
الأخرى ويقوم بتشغيله محركان واللذان يقومان بلف - أو دوران
القمرة nacelle بسرعة ثابتة (١ درجة / ثانية)

٣ - نظام للتحكم بالميكروبروسور والذي يقوم بالتحكم فى التشغيل
الآلى للتوربين بما فيه بدء التشغيل والتوافق والاقفاف .

٤ - نظام الأمان لمراقبة تشغيل النظام ويقوم بإيقاف التوربين عند
اكتشاف سبب يدعو الى ذلك مثل خلل فى درجات حرارة
الكراسى - التروس - المولد - الموائع Fluids - المحرك الذى
يدير المضخة الهيدروليكية لتغيير خطوة ريش دوار التوربين
اهتزازات فى الدوار ... الخ .

٥ - نظام للمراقبة والتحكم من بعد بهدف مراقبة الاداء ولتشغيل
(تشغيل) الميكروبروسسور وعندما تكون التوربين يعمل آليا
(بدون تواجد أشخاص أو مراقبين للتشغيل بالموقع) فان هذا
النظام يعتبر أعلى درجات سلم التحكم - أى ذى الأولوية
فى التحكم .

ثانيا : النموذج صفر - ١ Mod O-A : بهدف تقديم توربينات
الرياح الى مؤسسات الكهرباء قامت وزارة الطاقة الأمريكية DOE
بتمويل - كما قامت هيئة الفضاء « ناسا لويس » - بإدارة مشروع
أطلق عليه النموذج صفر - ١ وهو عبارة عن تركيب ٤ وحدات - تماثل
كثيرا لنموذج صفر - فى ٤ مواقع مما تم اختيارها من بين ١٧ موقع .

١ - مدينة كلاتون بنينومكسيكو حيث بدأ تشغيل النموذج صفر -
أ بقدرة ٢٠٠ كيلو واط فى مارس ١٩٧٨ .

٢ - فى جزيرة كولبرا Calebra لحساب هيئة كهرباء بورت
ريكو فى يناير ١٩٧٩ .

٣ - فى جزيرة بلوك آيلاند لحساب شركة كهرباء بلوك آيلاند
(فى رود آيلاند) فى مايو ١٩٧٩ .

تعمید، ص ۱۴۱ - ۱۴۲ - اختیار کو پہنچانے (۱۵)

$$(1) \quad \text{برای } \alpha \in \mathbb{R} \text{ و } \beta \in \mathbb{R} \text{ داریم: } \alpha + \beta = \alpha + \beta$$

(شکل - ۲)
خود پیچش ارباب من الطراز (صفر - ۱)

(17-15)

(a)

(b)

(c)

(d)

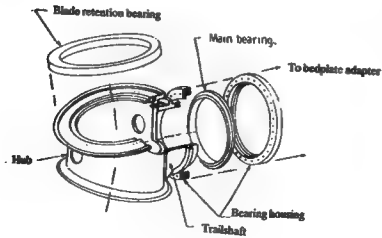
٤ - واخترا في أو هو لحساب شركة كهرباء هاواي في مايو ١٩٨٠
والحقيقة فإن النموذج « صفر - ١ » قد نجح في تجميع بيانات
تجريبية وتشغيلية لتوربينات الرياح التي تمسك في ظروف
بيئية واقعية typical وبالنسبة للبيانات التصميمية الأساسية
للمنموذج صفر - ١ فهي كالتالي :

- القدرة ٢٠٠ كـ ٠ عند سرعة مقننة للرياح ١٠ متر / ثانية .
- أقل سرعة أو أكبر سرعة للرياح هي على التوالي ٤ر٢ ، ١٧ر٩ متر/ثانية
- بعد الريش ٢
- قطر الريش ١٢٥ قسم
- سرعة الدوار ٤٠ لفة / دقيقة
- الموقع النسبي للبرج (في اتجاه انسياب down-wind «الرياح»)
- طريقة التحكم في القدرة : تغيير خطوة الريش
- طول الريش والمادة المصنوع منها : ٥٩ر٩ قسم (١٨ م) من الألومنيوم .
- ارتفاع البرج ٩٢ قسم
- نوع المولد وقدرته الظاهرية : متزامن ٢٥٠ كـ ١٠٠
- الجهد الكهربى والتردد : ٤٨٠ فولت - ٦٠ هرتز
- سرعة المولد ١٨٠٠ لفة / دقيقة
- تحريك ميكانيزم التوجيه yaw : محركات كهربية
- نظم التحكم والمراقبة : ميكروبروسسور
- منشط (مشغل) خطوة الريش : هيدروليكي
- السرعة المقننة عند ارتفاع ٣٠ قسم = ١٧ر٣ ميل/ساعة
- أقل سرعة ٩ر٨ ميل / ساعة
- أكبر سرعة ٣٤ر٣ ميل/ساعة
- وزن الدوار - شاعلا الريش : ١٢٢٠٠ رطل
- أعلى (فوق) البرج ٤٥٠٠٠ رطل
- وزن البرج ٤٤٠٠٠ رطل
- الوزن الإجمالي ٨٩٠٠٠ رطل



(شكل ٣ - ٢٣)

الطراز - ١ - بسرعة ٢ م.و . بمدينة بون - كارولينس
الشمالية .



(شكل ٣ - ٢٤)

كرسي أو حامل الريشة للطراز - « ١ » .

ويستخدم النموذج صفر / ١ نفس نظم التحكم المستخدمة مع النموذج صفر مع إضافة نظام متحرك (على عربة Van) لجميع البيانات والذي يمكن ربطه مع توربينات النموذج صفر - ١ وهذا النظام يقوم بعمل مسح لعدد ١٠٠ (مائة) قناة للبيانات .

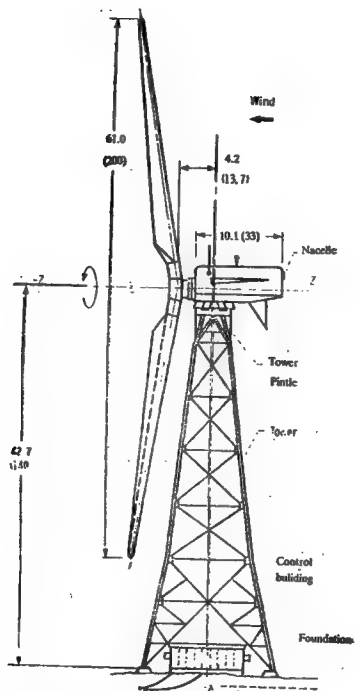
وبالنسبة لتشغيل النموذج صفر - ١ فنذكر بإيجاز شديد :

١ - بالنسبة لموقع مدينة كلايتون بدأت التجارب عليه من ٣٠ نوفمبر ١٩٧٧ حتى أكتوبر ١٩٨٢ عمل خلالها أكثر من ١٢٠٠٠ ساعة وأنتج ١١٠٠ ميجاوات ساعة وأهم المشاكل التي لاقاها هي تراكم الثلوج على ريش التوربين مما شكل خطورة واضحة ولتخطي هذه المشكلة تم تركيب جهاز لاستشعار تكون الثلج ويوقف التوربين .

٢ - بالنسبة لموقع كولبرا بدأت التجارب عليه من ١٦ يونيو ١٩٧٨ حتى ٤ يونيو عام ١٩٨٢ عمل خلالها ٨٠٩٤ ساعة وأنتج ٦٨٣ ميجاوات ساعة وأهم المشاكل زيادة الرطوبة والحرارة مما تسبب تآكل في بعض التوصيلات الكهربائية علاوة على نمو الفطريات Fungus في داخل بعض الحزم الالكترونية وعولج ذلك بتركيب أجهزة تكييف هواء .

٣ - بالنسبة لموقع بلوك آيلاند بدأت التجارب عليه من أول مايو ١٩٧٩ حتى ٤ يونيو ١٩٨٢ عمل خلالها ٨٥٠٩ ساعة وأنتج ٥٥٨ ميجاوات ساعة وأهم المشكلات هو إحلال الريش الألومنيوم (عالية التكلفة) بريش خشبية تدور بسرعة ٣٦ لفة / دقيقة (عمل التوربين ذي الريش الخشبية لمدة ٧٥٠٠ ساعة) .

٤ - وبالنسبة لموقع « أو هو » بدأت التجارب عليه من خريف عام ١٩٧٩ حتى ٤ يونيو عام ١٩٨٢ عمل خلالها ٨٤٤٤ ساعة وأنتج ١٢٦١ ميجاوات ساعة وأهم المشاكل هي كسر أحد مسامير الريش الخشبية (وهو أحد ٢٤ مساميرا تستخدم لتثبيت الريشة في جسم التوربين) نتيجة التآكل واستخدمت الريش ذات الطرف المستدير rounded tip بدلا من المربع وعلى الرغم من النجاح الكبير لتجارب النموذج صفر - ١ إلا أن التصميمات الأولى له لم تكن اقتصادية وعليه أبعثت من المواقع في نهاية عام ١٩٨٤ وبينت الدراسات الهندسية التي بدلت أثناء عمليات التطوير ضرورة حدوث تطورات تقنية متقدمة لجعل التوربينات الكبيرة أكثر اقتصادا في التكلفة وتمخضت التحسينات الناتجة عن ظهور



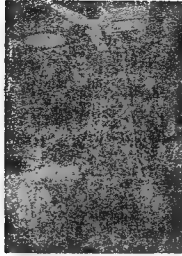
(شكل ٣ - ٢٥)

رسم تخطيطي للطراز - ١٥ مينتا الايساد بالمتى (٢٥ م)

الجيل الثاني (النموذج - ٢) والجيل الثالث (النموذج - ٥)
من توربينات الرياح ذات المحور الأفقي .

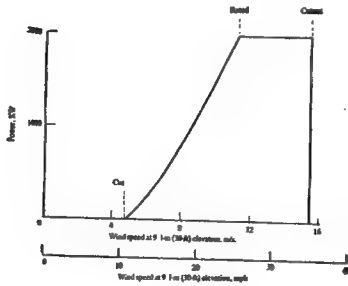
الطراز ١ : وضعت مواصفات أول توربين من حجم « الميجاوات » - إضافة الى مواصفات الأحجام البينية intermediate من الطراز صفرا (OA) - بمعرفة هيئة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA) عام ١٩٧٥ وذلك كجزء من برنامج لطاقة الرياح وطرحت هيئة ناسا مواصفاتها في مارس ١٩٧٦ - لرجال الصناعة لتصميم - تركيب واختبار توربين رياضي سعة ١٥٠٠ ك.و. وأرسي العطاء على شركة جنرال إلكتريك في يوليو ١٩٧٦ . وفي مرحلة التصميم اتفق على رفع سعة التوربين من ١٥٠٠ الى ٢٠٠٠ ك.و. لتكون أفضل اقتصاديا فعلا تم تركيب الطراز بسعة ٢٠٠٠ م . وفي مايو ١٩٧٩ بمدينة بون Boone بولاية كارولينا الشمالية وبدأت تجارب التشغيل على هذا الطراز . أما البيانات الأساسية لهذا الطراز فكانت كالتالي :

٢٠٠٠ ك.و	- القدرة المثبتة
٢	- عدد ريش الدوار
٢٠١٧ قدم	- قطر الدوار
٣٥ لفة / دقيقة	- سرعة الدوار
بعد البرج (في اتجاه الريح)	- وضع الدوار بالنسبة للبرج
٩٧ قدم	- طول الريشة
٢١٠٠٠ رطل	- وزن الريشة
جبالون من المواسير	- نوع البرج
١٣١ قدم	- ارتفاع البرج
متزامن	- نوع المولد
٢٢٢٥ ك.و في ١٠ .	- قدرة المولد الظاهرية
٤١٦٠ فولت (٣ أوجه)	- الجهد الكهربى عند طرف المولد
١٨٠٠ لفة / دقيقة - ٦٠ هرتز	- السرعة والتردد
ميكروبروسيسور	- التحكم الاشرافى
هيدروليكي	- منشط (مشغل) التحكم فى خطوة الريشة



(شكل ٣ - ٢)

توربين الرياح طراز - ١٥٠ بقدرة ٢ م. و . - مدينة
يون - كارولينا الشمالية .

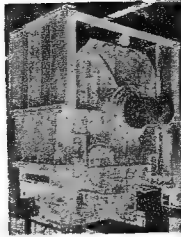


(شكل ٣ - ٢٧)

المصاخص التشغيلية لتوربين الرياح الطراز ١٥٠

٣٣ ميل / ساعة	— سرعة الرياح المثبتة عند ارتفاع ٣٠ قدم
١٦ ميل / ساعة	— السرعة الدنيا للتشغيل
٣٥ ميل / ساعة	— السرعة القصوى للتشغيل
١٢٥ ميل / ساعة	— السرعة القصوى التصميمية
٦٥٠.٠٠٠ رطل (٢٩٥ طن)	— الوزن الإجمالي

وجدير بالذكر فان هذا التوربين - وقت تشغيله في مايو ١٩٧٩ كان يعتبر أكبر توربين رياح في العالم يتم توصيله بأحدى الشبكات الكهربائية . وهذا التوربين بمنشطات أو هيدروليكية Hydraulic Actuators لتغيير خطوة Pitch الريشة للتحكم في سرعة التوربين عند تغيير سرعة الرياح أما الأجزاء العائمة وميكانيزم التحكم فقد صممت لتركب على هيكل قاعى bedplate structure من الصلب يوضع أعلى البرج . وبالنسبة للمولد الكهربى فكان ذى أربع أقطاب أى بسرعة متزامنة ١٨٠٠ لفة / دقيقة (٦٠ هرتز) ومغذى اقطابه (المهيح Exciter) فمركب على نفس عمود الادارة أما الجهد المقتن للمولد هو ٤١٦٠ فولت . وبالنسبة لمغذى الاقطاب فكان من النوع الذى يعمل بدون فرش brushless ومزود بمنظم للجهد مكوناته الأساسية من الجوامد Solid-state وفى جهاز إعادة التوازن Power Stabilizer وتخرج القدرة الكهربائية - أو التيار الكهربى - من المولد خلال حلقات للانزلاق ثم كابلات الى أسفل البرج حيث كشف أرضى ووضعت مكثفات الصدمات الفجائية Surge والمهمات المتعلقة بتوليد الطاقة الكهربائية داخل صندوق (قصى) Caged enclosure أسفل المولد . ويتحكم محركان للتوجيه هيدروليكيان Yaw Motors فى دوران مجموعة القمرة nacelle بما فيها الأجزاء الدوارة والهيكل القاعى bedplate ويقوم كل محرك توجيه بإدارة ترس متشابك meshing مع مجموعة تروس على الوجه الداخلى لكروى المحرك التوجيهى وتقوم ٦ (ستة) فرامل هيدروليكية لفرملة الحركة للقمرة لوضعها (لاسماكها) عند دوران الدوار rotor نتيجة الرياح . وبعد تشغيل الطراز (١) تم توصيله الى شبكة توزيع جهد ١٢٠٠٠ فولت فى مقاطعة واتوجا بولاية كارولينا الشمالية والتى تخدم مدينة يون وكذا بقية المقاطعة وتم عمل توافق Synchronization لوحدة الرياح هذه مع الشبكة الكهربائية التابعة لمؤسسة بريماك BREMAC (أقصى حمل



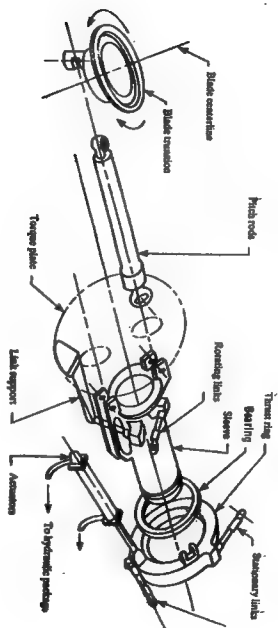
(شكل ٣ - ٢٠)

صندوق التروس للطراز - ١٥٠٠

لها ١٣٦ ميجاوات) في سبتمبر ١٩٧٩ وتم توصيلها بمركز الاحمال لمؤسسة بريك خلال عام ١٩٨٠ وما يذكر أنه أثناء فترات التجارب على هذا التوربين خلال عامي ١٩٨٠/٧٩ أن صدرت بعض الشكاوى من السكان القيمين قريبا من هذا التوربين من حدوث تداخل (أو شوشرة) صادرة من مولد الرياح هذا على الاستقبال التلفزيوني مما حدا بالمستولين الى اجراء دراسة لتقييم الأثار البيئية وفملا أجرى عدد من الدراسات خلال عام ١٩٨٠ على موقع « الطراز ١ » بالنسبة للاستقبال التلفزيوني وكان من بين الحلول المقترحة ما يلي :

- ١ - تقييم خواص التكبير للهوائي (تكبير عال / تكبير منخفض)
- ٢ - اعادة اذاعة الاشارات Signals التلفزيونية محليا
- ٣ - التوسع في التلفزيون السلكي Cable TV بالنسبة للمناطق التي تائر الاستقبال التلفزيوني بها

وبعد جهود بحثية كبيرة أمكن التوصل الى أن تخفيض سرعة التوربين يمكن أن تؤدي الى تحسن ملحوظ بالنسبة للاستقبال التلفزيوني في المنطقة القريبة لموقع المحطة . وبناء عليه خفضت سرعة التوربين من ٢٥ الى ٢٣ لفة / دقيقة ومن ثم تم تركيب مولد كهربى متزامن جديد بسرعة ١٢٠٠ لفة / دقيقة . والحقيقة فان التجارب التي أجريت على « الطراز ١ » زودت المصممين بمعلومات على جانب كبير من الأهمية



(شكل ٢٩ - ٢)

ميكانيكية المصمم في خطوة التوجيه للبطانة - ٢٩ - ٢

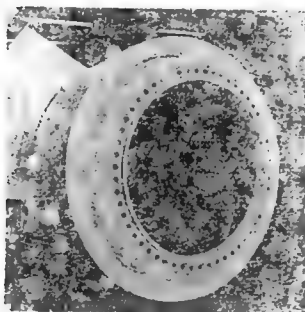
وخاصة بالنسبة لخفض كلاً من « الضوضاء » الناتجة عن التوربين والتداخل مع الاستقبال التليفزيوني بمنطقة المحطة • ولأن الطراز - ١ شأنه في هذا شأن الطراز صفر أ - لم يكن اقتصادياً بدرجة جاذبة للاستخدام التجاري وعليه تقرر إنهاء التجارب عليه وأسدل عليه الستار ليبدأ الجيل الثاني من توربينات الرياح الضخمة ذات المحور الأفقي •

الطراز - ٢ : أعدت هيئة الفضاء الأمريكية NASA المواصفات اللازمة لتصنيع ثاني توربين رياح من حجم الميجاتوات لحساب إدارة بحوث وتطوير الطاقة الأمريكية « أردا » ERDA في عام ١٩٧٦ وطلبت هيئة ناسا من المناقصين التقدم بمطاميرهم في فبراير ١٩٧٧ لتصميم وتركيب وعمل الاختبارات اللازمة لمنظومة توربينية رياح سعتها أكبر من الميجاتوات Multimegawatt وأرست المطاء على شركة بوينج الهندسية • وحددت الأهداف التالية لهذا المشروع - والذي أطلق عليه « الطراز - ٢ » :

- أعداد نظام بديل لتوليد الكهرباء يكون اقتصادياً وذو حيوية تمكن من تقليل الاعتماد على نظم التوليد التي تستخدم الوقود الحفري •
- دراسة امكانية جدوى تشغيل توربينات الرياح ذات السعات الكبيرة (عدة ميجاتوات) وتوصيلها بالشبكات الكهربائية •
- تحفيز رجال الصناعة لتطوير توربينات الرياح لتوليد الكهرباء على نطاق تجارى •

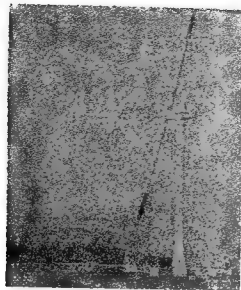
ملحوظة : حلت اختارة الطاقة الأمريكية DOE محل أردا في عام ١٩٧٧

ولقد تمخضت الخبرة التي اكتسبت أثناء تصميم وإجراء تجارب التشغيل على الطراز صفر - ١ والطراز - ١ عن تحسينات أساسية في شكل (أو هيئة الطراز - ٢ فعلى سبيل المثال فإن الدوار - للطراز - ٢ أعيد وضعه ليعمل قبل البرج (بالنسبة لاتجاه الرياح Upwind) وبذلك أصبح التوربين يعمل بشكل أكثر هدوءاً (أقل ضججاً) بالقياس الى الطراز - ١ - (والذي فيه الدوار يبعد البرج) كذلك فإن الدوار يعمل بأحمال ميكانيكية أقل منه في حالة الطراز - ١ ونتيجة لذلك فإن وزن الدوار (الروتور) للطراز - ٢ أقل وزناً من المقابل للطراز - ٢ هنالك خاصية أخرى يتميز بها الطراز - ٢ وهي طريقة التحكم في



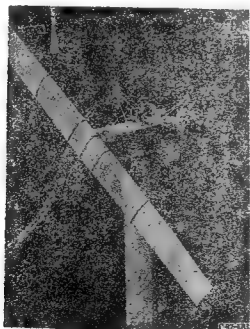
(شكل ٣ - ٣٦)

الفرارز - ١ و ٢ الريش مصلبة من الألياف الزجاجية •



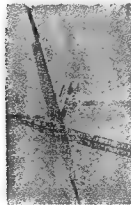
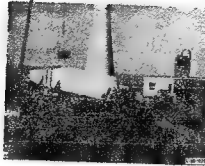
(شكل ٣ - ٤٢)

الطراز - « ٤٢ » قلعة « ٢٠ م » - بمدينة « جودنو - هيلز » ولاية واشنطن •



(شكل ٣ - ٤٣)

الطراز « ٢ » - الدورار (الروتور) - الكائينة (القمرة) ؟ •



(شكل ٣ - ٣٤)

- الطراز - «٢» بطول ٩١,٥ متر والروتور من الصلب للميوم أثناء التجميع .
- (أ) أثناء الإعداد للتجميع مع عمود مختلف السرعة .
- (ب) أثناء التجميع .
- (ج) بعد التجميع .

السرعة والتدرة الخارجة حيث تستخدم الحافة الخارجية outer pitch لكل خطوات ريش الدوار - وليس كل أجزاء الريش كما في النموذج - ١ مثلاً - في التحكم ومن ثم يطلق عليها التحكم الجزئي Partial-Span pitch Control أما البرج المستخدم مع النموذج - ٢ فانه اسطواني مرن مصنوع من الصلب بخلاف النماذج السابقة والتي يكون فيها البرج عبارة عن جمالون Truss من الصلب كذلك .

اما البيانات الاساسية للطراز - ٢ فهي كالتالي :

٢٥٠٠ ك.و. النموذج - ٢	- القدرة التقنية
٢	- عدد ريش الدوار
٣٠٠ قدم (٩١.٥ متر)	- قطر الدوار
١٧.٥ لفة / دقيقة	- سرعة الدوار
من الصلب الاسطواني الشكل	- وضع الدوار بالنسبة للبرج
١٩٣ قدم	قبل البرج (في اتجاه الرياح)
١٨٠٠ لفة / دقيقة - ٦٠ هرتز	- نوع البرج
ميكروبروسسور	- ارتفاع البرج
هيدروليكي	- السرعة والتردد
٢٨ ميل / ساعة	- التحكم الاشرافي
١٤ ميل / ساعة	- منشط التحكم في خطوة
٤٥ ميل / ساعة	الريشة
١٢٤ ميل / ساعة	- سرعة الرياح التقنية عند
٦١٩٠٠٠ وطل (٢٨١) طن	ارتفاع ٣٠ قدم
	- السرعة الدنيا لتشغيل
	- السرعة القصوى لتشغيل
	- السرعة القصوى التصميمية
	- الوزن الاجمالي

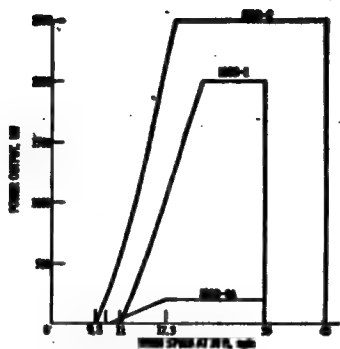
نظام التحكم في الطراز - ٢ : ويقوم هذا النظام بكل من الاستقبال الحسابات واعطاء الأوامر اللازمة لتشغيل هذا الطراز . اما الحاكم Controller فهذه عبارة عن ميكروبروسسور يوضع داخل وحدة

التحكم الخاصة بكابينة المحسرك • وكما هو الحال في التصميمات السابقة يقوم الميكروبرسور ببدء التشغيل - مراقبة ظروف أو حالات الرياح - سرعة الدوار - القدرة الخارجة وكذا حالة المعدات باستمراد كما يقوم بإيقاف التوربين في الحالات الاضطرارية التي تستدعي ذلك وتحمل البرمجيات Software اللازمة للحاكم حوالى ١٢٠٠٠ بايت من ذاكرة القراءة فقط المبرمجة rogrammable Read Only memory (PROM) علاوة على ٤٠٠٠ بايت من الذاكرة العشوائية Random Access Memory (RAM) لتخزين البيانات التاريخية وكذلك البيانات اللازمة للتشغيل وصممت دورة برمجيات التحكم Software Control Cycle لتكون ١٠ هرتز وكل دورة برمجيات تقوم بأخذ عينات Samples لجميع المستشعرات Sensors لتجول الطريقة اللاتمة للتشغيل - وتولد الأوامر الخاصة بتوجيه الكابينة (القمرة nacelle) بالنسبة لاتجاه الرياح •

الطراز - ٥ : أعدت هيئة الفضاء الأمريكية ناسا - تحت اشراف وتوجيه - وزارة الطاقة الأمريكية DOE المواصفات الخاصة بجيبل ثالث من توربينات الرياح المتقدمة ذات السعة أكبر من الميجاووات Multimegawatt وطرحت هذه المواصفات في أغسطس ١٩٧٩ بين الشركات الصناعية لتقديم مقترحاتها الخاصة بتصميم ثم تصنيع وإقامة وكذا اجراء التجارب اللازمة لهذا الجيل الثالث لتوربينات الرياح • فلقد أثبتت الدراسات التحليلية لنظام الطراز - ٢ أنه يمكن تحقيق اقتصاد في تكلفة وحدة الطاقة المولدة بتطوير طراز آخر - أطلق عليه الطراز - ٥ • •

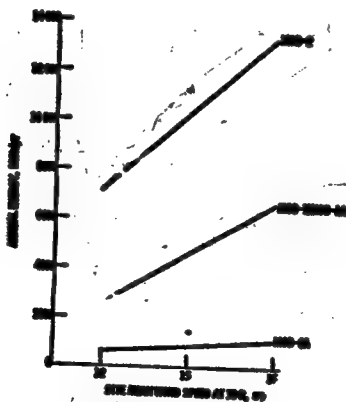
وهذا الطراز ينبغي أن يكون أكبر حجما من الطراز - ٢ مع تطبيق تقنية متقدمة في تصميمه وفقا لبرنامج الرياح الفيدرالى الأمريكى ووضع هدف رئيسى لهذا المشروع وهو تطوير توربين ياح ذى سعة عدة ميجاووات يتكلف وحدة انتاج الطاقة فيه ٣٧ سنت - أو أقل - بمقياس دولار عام ١٩٨٠ • وأرسى عطاء المشروع على شركتين لتعملا بالتوازي لوضع تصميماتها وهما شركة جنرال اليكتريك وشركة بوينج واستكمل انجاز التصورات لهذه التصميمات فى مارس ١٩٨١ • واعتمد التصوراة بعد نجاحهما فى نفس العام - وهذه التصورات - كانت تتطلب تطوير تقنيات متقدمة فى فروع (مجالات) عديدة مثل :

- مجال الدورات ذات السرعات المتغيرة •



(شکل ۲ - ۲۶)

القدرة الخارجية بدلالة سرعة الرياح للطرازات : صفر - ١ -



(شکل ۳ - ۲۷)

الطاقة السنوية الخارجة للطرازات : ص ١ - ١ - ١ -

 $\cdot \sigma_{\theta} = (1 - \lambda)$

– تصنيع الريش من صفائح aminatoins 1 من مواد مركبة من
الخشب وال epoxy

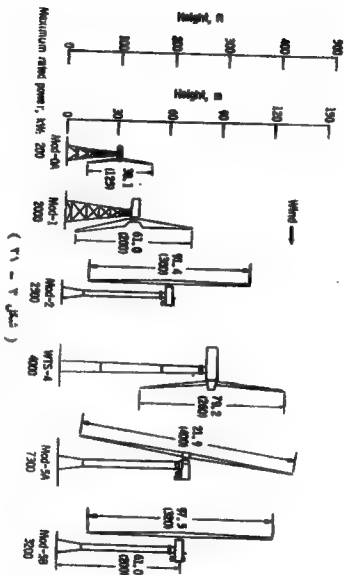
– صندوق التروس الذي يكون مع الدوار جزءا واحدا متكاملًا .

– نظام مولد / مقوم Cycloconverter ذو السرعة المتغيرة .

وتضمنت العقود مع الشركتين بندا خاصا بالشاركة في التكلفة
بمعنى أن تمول الحكومة باقي أعمال التصميمات والتطوير وتتولى
الشركتان المقاولتان – أو عملانها من مؤسسات الكهرباء – تدبير
التمويل اللازم لتصنيع وتركيب وتشغيل توربينات الرياح وتملك هذه
التوربينات كاملة بعد ذلك للمقاولين – أو عملانهم ويسلم للحكومة
تقارير نصف سنوية تتضمن بيانات التشغيل والأداء لمدة ثلاث سنوات
بعد بدا التشغيل .

ووقعت شركة جنرال اليكتريك – في يونيو ١٩٨٣ – عقدا مع
شركة كهرباء هاواي بمقتضاه تشتري شركة هاواي من شركة جنرال
اليكتريك توربين رياح تجريبى Prototype طراز – ١٥ ليركب بموقع
« كاهوكو هيلز » وخطط فعلا لتركيبه وتشغيله وإدخاله على شبكة هذه
الشركة في أواخر عام ١٩٨٥ إلا أن شركة جنرال اليكتريك أعلنت عزمها
على الانسحاب من المشروع في ديسمبر ١٩٨٣ لأمور تتعلق بالإعفاءات
الضريبية ولكن شركة يونج استكلت دراساتها – للطراز – ب .

وجدير بالذكر فإن المكتب الأمريكى للاستصلاح Bureau of
Reclamation كان قد بدأ برنامجا – فى أواخر السبعينات –
يهدف الى ترشيده تدفق المياه خلال التوربينات المائية من خلال طاقة
الرياح وقام فعلا بعمل تجارب اختيارية على توربينات الرياح – ذات
السعة أكبر من الميجاجوات وموصلة مع الشبكة الهيدروكهربية وبعد أن
حدد هذا المكتب موقعا لاقامة مشروعه التجريبى والذي يشمل إقامة
اثنين من توربينات الرياح الكبيرة بالقرب من مدينة ميديسن بو
Medicine Bow بولاية وايومنج الأمريكية طلب المعاونة الفنية من
هيئة ناسا لويس . واختارت الهيئتان (ناسا – ومكتب الاستصلاح)
فرقيا من قسم هاميلتون ستانداود فى مؤسسة يونيتيد تكنولوجيز
الأمريكية وشركة KKRV السويدية لتصميم وتصنيع وتركيب
واختبار توربين رياح سعة ٤ ميجاجوات . وباستخدام كل من التمويل



مقارنة بين أبعاد التوربينات المختلفة لتوربينات الرياح .

(شكل - ٢١)



شكل (٣ -)

تودين ديلس من طراز SVU السويدي/البريتاني

الحكومي وتمويل هذه الشركات امكن لهذه الفريق الأمريكي - السويدي-

The WTS-4 System

النجاح في تركيب واحدة اطلق عليها

Verification Unit - SVU وبدأت التجارب عليه في سبتمبر ١٩٨٢ •

وتوربين WTS-4 هذا عبارة عن توربين رياح ذي ريشتين

وقطر الدوار يبلغ ٧٨١ مترا - ويصل الدوار (الروتور) - وهو يمد

البرج في اتجاه الرياح downwind وينتج قدرة ٤ ميغاوات عند سرعة

للرياح تبلغ حوالي ١٥ متر / ثانية يتم قياسها عند ارتفاع حوالي

٨٠ مترا • ويبين الجدول (٣ - ١) مقارنة سرعة لكل من - الطراز - ١ •

لطرز ٥ - ب والطراز •

جدول (٢ - ١) : مقارنة بين خواص توريدات الرياح للجيل الثالث

الطاقة	الطاقة ١٠٥ ب	الطاقة ١٠٥ ب	الطاقة
الطاقة	جبرال الطبرية	جبرال الطبرية	الطاقة
موقع المشروع	أسفل السحاب على الشرع في ديسمبر ١٩٨٢	أسفل السحاب على الشرع في ديسمبر ١٩٨٢	موقع المشروع
تاريخ بدء الأمانة (التوربان)	—	—	تاريخ بدء الأمانة (التوربان)
إنتاج موزة الريش (متر)	٧٩٢	٧٩٢	إنتاج موزة الريش (متر)
قطر التوربان (الريش)	١٢٢	١٢٢	قطر التوربان (الريش)
الأمانة (٥٠ و)	٧٢٠٠	٧٢٠٠	الأمانة (٥٠ و)
الطاقة	الطاقة ١٠٥ ب	الطاقة ١٠٥ ب	الطاقة
الطاقة	جبرال الطبرية	جبرال الطبرية	الطاقة
موقع المشروع	أسفل السحاب على الشرع في ديسمبر ١٩٨٢	أسفل السحاب على الشرع في ديسمبر ١٩٨٢	موقع المشروع
تاريخ بدء الأمانة (التوربان)	—	—	تاريخ بدء الأمانة (التوربان)
إنتاج موزة الريش (متر)	٧٩٢	٧٩٢	إنتاج موزة الريش (متر)
قطر التوربان (الريش)	١٢٢	١٢٢	قطر التوربان (الريش)
الأمانة (٥٠ و)	٧٢٠٠	٧٢٠٠	الأمانة (٥٠ و)

تأثير العنود (٣ - ١)

المرحلة	المرحلة ب	المرحلة ١٠٠	المرحلة ١٠٠
٦٧	٤٩	٦٣	المرحلة ١٠٠ (سرعة الرياح عند مركز المرسى)
٢٤٦٦	٢٦٨	٢٦٨	المرحلة ١٠٠ (سرعة الرياح)
٢٥٢	٢١٢	٧٦٩	المرحلة ١٠٠ (سرعة الرياح)
٨٨	١٢٩	١٠٥	المرحلة ١٠٠ (سرعة الرياح)

توربينات الرياح ذات المحور الرأسي

توربينات الرياح ذات المحور الرأسي Vertical Axis wind Turbines لها بعض المزايا التي تتفوق فيها على التوربينات ذات المحور الأفقي فتوربينات المحور الرأسي VAWT لا يستدعي الأمر معها (إدارتها) لكي تواجه الرياح ومن ثم لا يستدعي الأمر إضافة الميكانيزم اللازم للتوجيه ميزة ثانية تتمتع بها توربينات رياح المحور الرأسي وهي حيث أنه يمكن تركيب كل من المولد الكهربى وملحقات الإدارة (صنموق التروس مثلا) قريبة من سطح الأرض وعليه لا يستلزم الأمر الحاجة الى أبراج عالية • ولكن يقابل هذه المزايا عيب كبير وهو أن الطاقة الكهربائية المولدة أقل من توربينات المحور الأفقي حيث أن الأخيرة لها نسبة (سرعة حافة (tip) / سرعة رياح) أعلى •

وجدير بالذكر فإن أحد تصميمات التوربينات ذات المحور الرأسي - والمعروفة باسم داربي (نسبة الى العالم الفرنسى داربي Darrieus) أخذت نصيبا لا بأس به من اهتمام وزارة الطاقة الأمريكية وأجرى عليها أبحاث بهدف تطويرها بمعمل (سانديا القومى الأمريكى) ويتميز توربين داربي Darrieus بأن له ريش مقوسة ذات مقاطع مثل أجنحة الطائرة مرتبة بشكل خاص يشبه خفاق الببغاء (مضرب البيض) الضخم وهذا التصميم يجعلها تتميز بمزم لبده الدوران Starting Torque منخفض بينما يدور التوربين بسرعات عالية بمجرد بدء تشغيله بواسطة طريقة مساعدة •

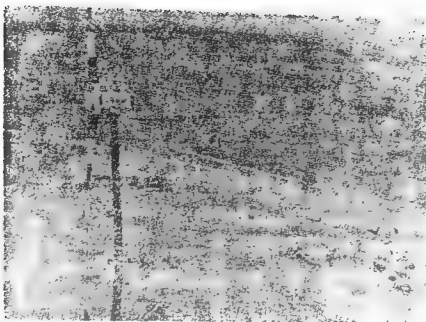
توربينات الرياح ذات التقنيات الحديثة والمتقدمة

من الطبيعي أن تتدخض الأبحاث والابتكارات عن أنواع جديدة من توربينات الرياح ويمكن أن نقول - بشكل عام - أن المحرك الرئيسى خلف البحث عن أشكال جديدة لتوربينات الرياح هو إيجاد أكثر الطرق فعالية - اقتصاديا - لتحويل طاقة الرياح الى طاقة مفيدة • ولتحقيق ذلك بدأت التصورات الجديدة وكأنها تناضل أو تكافح من أجل تحقيق أهداف من بينها :

تحقيق أعلى كفاءة (جودة) لاستحواذ طاقة الرياح

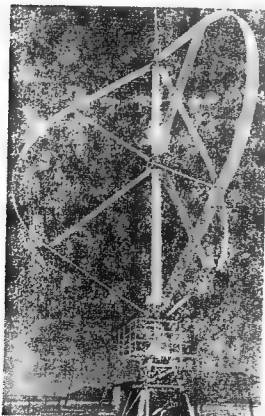
- التشغيل خلال مدى واسع لسرعات الرياح

- تحقيق سرعات دوران (للتوربين) عالية



(شكل ٣ - ٣٦)

التصميم WTS-4 سعة ٤ م٠٠ الذي قدمه مكتب الاستصلاح الأمريكي وتم تركيبه بالغروب
من مدينة « ميديسين - يو » ولاية وايمنج الأمريكية .



(شكل ٣ - ٤٠)

توربين الرياح ذي المحور الرأسي .

– تصميم نظام التوربين بحيث توضع المكونات الثقيلة الوزن
والتي تتطلب صيانة مستمرة بالقرب من سطح الأرض .

– تصميم نظم التحكم بشكل مبسط جدا

وتمنح هذا المسابق التقني عن افكار جديدة مثل مثل مهمات
devices لتركيز الرياح – زيادة عدد الريش الدوار . وكذلك النظم
التي تعمل دون اجزاء متحركة فيها وفعلًا قامت وزارة الطاقة الأمريكية
بتدعيم أكثر من ١٢ تصور منها .

واحد الابتكارات الجديدة في مجال تحويل طاقة الرياح ما يعرف
بتوربين الرياح الرشاش Diffuser - Augmented Wind Turbine
ويستخدم هذا التوربين غطاء (أو سترة) تقلف قوس ريشة التوربين
من الخارج التي تمدد أو تنشر تدفق الهواء بعد الريش (في اتجاه الهواء
downstream) وهذا التمدد من شأنه جذب – أو شد – المزيد من الهواء
نحو الجانب الآخر (upstream) للريش أو بتعبير آخر يزيد من تركيز
الرياح نحو التوربين . ويمكن لهذا التدفق الكبير للهواء أن يرفع القدرة
المولدة من التوربين الى أربعة أضعاف بالنسبة للتوربين التقليدي . ولكن
المشكلة هنا هي زيادة التكلفة نتيجة اضافة الغطاء diffuser shroud
علالة على تصميم هيكل Structure يعتبر من الوجهة العملية – لتدعيم
هذه السترة في حالات الرياح ذات السرعات العالية .

هنالك ابتكار آخر يطلق عليه « المستمبل الديناميكي
Dynamic Inducer وهو عبارة عن نظام يستخدم جنبيات a irfoils
قصيرة والتي تربط عمودية – تقريبا – على طرف (أو سن) ريش
الدوار للتوربين ذي المحور الأفقي ومن الناحية النظرية يمكن هذا الابتكار
من زيادة أو رفع القدرة المولدة الى مرتين ونصف ضعفا إلا أنه الاختبارات
التي أجريت عليه – داخل انفاق رياح wind Tunnels تجريبية –
لا تتجاوز ١.٧ ضعفا .

هنالك تصور ثالث ولكنه فريد من نوعه حيث يمكن استخلاص الطاقة
من الرياح باستخدام نظام ليس فيه اجزاء متحركة وهذا النظام يطلق
Electrofluid Dynamic Wind-Driven Generator وفي هذا النظام
تنتج جزئيات – بطريقة ميكانيكية – وت شحن كهربائيا – قبل (في اتجاه
الرياح Upwind) مصفوفة موجة من الأقطاب مشحونة عند جهد
أعلى . وتكسح الرياح (أو تسوقها) هذه الجزئيات خلال المصفوفة وضد

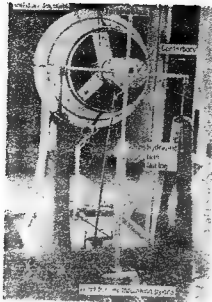
الجهد Potentia الكهربى ونتيجة لعملية نقل الجزيئات المشحونة الى مستوى أو جهد كهربى أعلى تتولد طاقة كهربية • وأثبت التجارب التى أجريت باستخدام أنفاق الرياح - صحة هذه النظرية •

التصاريح توريثات الرياح

على الرغم من أن الأبحاث التى أجريت بالنسبة للتصميمات المبتكرة قد تنتهى الى مستقبل أفضل - من حيث الكفاءة والتكلفة الأقل - للأجيال المقبلة من توريثات الرياح إلا أن - أسعار هذه النظم بالنسبة للجيلين الثانى والثالث - وعند إنتاجها بكميات كبيرة - تعتبر ذات عنصر جانب بالنسبة لمؤسسات الكهرباء ولقد أجريت تقديرات اقتصادية على أساس إنتاج للطراز ٢ على أساس إنتاج مئات من الوحدات • ويبين الجدول (٢ - ٣) التقديرات •

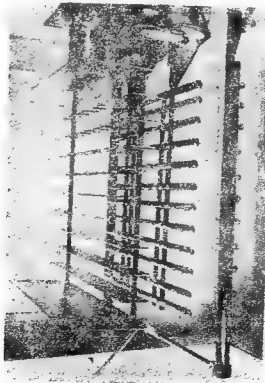
جدول (٢ - ٣) موجز للتكلفة لمئات الوحدات المنتجة

التكلفة دولار منتصف عام ١٩٨٠	حساب تسليم مفتاح
٢٠٣٠٠٠	- اعداد الموقع
٣٦٠٠٠	- النقل
١٧١٠٠٠	- التركيبات
٤١١٠٠٠	- الدوار (الروتور)
٤٧٤٠٠٠	- مجموعة الادارة
٣٣٠٠٠٠	- كايينة المحرك (القمرة)
٣٣٩٠٠٠	- البرج
	- قطع الفيار الاصلية
٤٤٠٠٠	(المبدئية)
٤٤٠٠٠	- طواري
	- اجمالي التكلفة الاولى
١٩٥٢٠٠٠	(المبدئية)
١٩٥٠٠٠	- الاجور (١٠٪)
٢١٤٧٠٠٠	- اجمالي تكلفة تسليم المفتاح
	- تكلفة التشغيل والصيانة
١٩٠٠٠	السوية



(شكل ٢ - ٤١)

توربين الرياح
الرشاش .



(شكل ٣ - ٤٢)

نظام ميكرو لاستغلال طاقة الرياح بدون أجزاء
Electrofluid-Dynamic متحركة .

ولقد افترضت هذه التقديرات ما يلي :

١ - الأسعار على أساس قيمة الدولار في منتصف عام ١٩٨٠

٢ - مجموعات متتوية من ٢٥ وحدة

٣ - معدل تركيبات وحدة واحدة في كل شهر

٤ - مواقع مستوية بشكل عام مع عواقب طبيعية قليلة

٥ - أن التربة يمكن اعدادها بسهولة لائقه الأساسات

٦ - لم تتضمن التقديرات تكلفة القروض .

٧ - مسافة النقل من المصنع إلى الموقع ١٠٠٠ ميل .

تكلفة انتاج الطاقة من مولد كهربى يعمل بطاقة الرياح تقسم
ثلاث عناصر هي :

تكلفة رأس المال - التشغيل والصيانة - واستحواذ الطاقة
Energy Capture ويعبر عنها بالمعادلة .

$$\text{تكلفة انتاج الطاقة} = \frac{IC \times FCR \text{ AOM}}{AEP} = ٤ \text{ سنت} / \text{ك.و.س.}$$

حيث أن FCR = معدل الهلك والغائبة والضرائب والتأمينات
سنوياً واتخذ في هذا المثال مساوياً ١٨٪ في السنة .

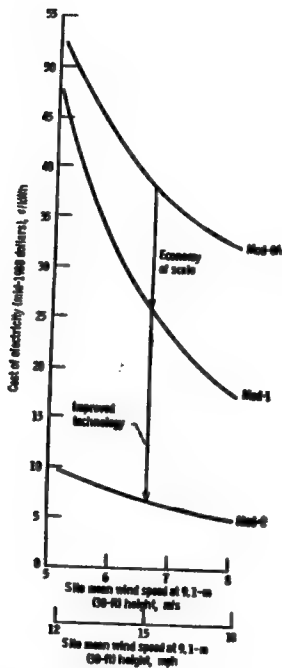
IC = التكلفة الأولية (تسليم مفتاح) لمنظومة الطاقة وفي هذا
المثال قدر بمبلغ ٢١٥٠ ٠٠٠ دولار

= التلغص السنوية للتشغيل والصيانة = ١٩٠٠٠ دولار
في هذا المثال .

AOM = كمية الطاقة المتوقعة سنوياً = ٩٧٥ × ٦١ ك.و.س
في هذا المثال .

الآثار البيئية لتوربينات الرياح

على الرغم من المزايا البيئية التي تتمتع بها توربينات الرياح -
مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى من حيث عدم انتاجها لاي ملوثات للجو
او للمياه الا انه هناك عوامل أخرى لابد من أخذها في الاعتبار هي :



(شكل ٣ - ١٧)

تكلفة الطاقة الكهربائية الناتجة من الرياح للطرازات
 ص ١ - ٢ - ٣ عند السرعات المختلفة
 للرياح



(شكل ٧ - ٤٤)

توجد، ويسمى بحور التي تم تركيبه بالقرب من
« جولدن ديل » بولاية واشنطن الأمريكية وعلى
المسافة ٣٠٠ قدم



(شكل ٣ - ٤٥)

توربين و داريوس « الرياحي ذو المحور الرأسي
 (يمكن أن يكون أفضل من الأتقي في حالات معينة
 على الرغم من عدم انتشار استخدامه كثيراً) .

الباب الثالث

١ - المضايقات الناتجة عن الصوت ذى التردد المنخفض المضاد
عن هذه التوربينات .

٢ - الشوشرة أو التداخل فى الاستقبال المحل للبرامج
التليفزيونية .

وهذين العاملين اكتشفا عند تشغيل أول توربين - من حجم
الميجاوات فاكتر (الطراز - ١) . فى مدينة بون بولاية ورت كارولينا .

وبالنسبة للعامل الأول فقد تم الاقلال من شأنه أو تأثيره من خلال
تقليل سرعة التوربين من ٣٥ الى ٢٢ لفة فى الدقيقة ونتج عن ذلك
الاجراء خفض مستوى الصوت بالقرب من التوربين بما مقداره
١٠ ديسيل (DB)

وبالنسبة للعامل الثانى وهو التداخل فى الاستقبال التليفزيونى
بالقرب من موقع التوربين نتيجة انعكاس الاشارات فى المنطقة المحيطة
مباشرة بالموقع . واثبتت الأبحاث أن هذا التداخل يكاد يكون محدودا
داخل نطاق قطره $\frac{1}{4}$ ميل فقط . ومن بين الحلول الممكنة لهذه
المشكلة هو استخدام التليفزيون السلكى Cable TV فى المناطق
التي يتاثر الاستقبال التليفزيونى بها . كذلك يمكن باعادة اذاعة
الاشارات التليفزيونية من خلال استعمال مترجمات Translators .

وجدير بالذكر أن الدراسات التى أجريت على هذا العامل لم تثبت
نجاح استخدام الهوائيات المخصصة ذات الأداء العالى .

الفصل الرابع

طاقة المد والجزر

تعرف ظاهرة الارتفاع والانخفاض النورى لمياه المحيطات (أو أى اجسام كبيرة أخرى من المياه بالنسبة للأرض المحيطة بها) عامة بالمد والجزر .

وحيث أن الكرة الأرضية ليست جسم صلب تماما فهناك حركات مد وجزر فى الأرض نفسها . وملاحظة (مراقبة) المد والجزر للأرض قد زودنا بمعلومات عامة ومفيدة عن مدى صلابة جوف (باطن) الأرض .

وتنتج ظاهرة المد والجزر عن مجموعة مؤلفة من عدد من القوى الخارجية وأهمها قوة التجاذب من القمر . ونتيجة للتباينات المساهمة ما بين القمر والأجزاء المختلفة من الأرض فإن قيمة قوة التجاذب مع القمر تختلف من مكان لآخر ومن ثم فتسبب الى انتساج تشويه (أو عيب شكل Deformation) .

وتأتى قوة المد والجزر الناتجة عن جاذبية الشمس فى المرتبة الثانية من الأهمية بعد قوة الجذب القمرية . وتعمل قوتا الجاذبية - من الشمس والقمر - فى اتجاهين متوازيين مرتين كل شهر قمرى (اوقات المحاق والبدر) ومن ثم فينتجا أقصى مدى بقيمة المد والجزر والتي تصنف بالمد والجزر التمام Spring Tides . وفى فترات « التربع القمري » أو الربع الأول والثالث من الشهر القمري حيث تعمل القوتان فى اتجاهين متعاكسين ومن ثم تكون المحصلة أقل مدى لقيمة المد والجزر وتعرف بالمد والجزر الناقص "Neap Tides" وهناك قوى أخرى للمد والجزر تلى هاتين القوتين فى الأهمية مثل :

- القوى الناتجة عن دوران الأرض حول محورها .

- القوى الناتجة عن دوران مجموعتى الأرض والقمر حول الشمس .

– القوى الناتجة عن دوران مجموعة الأرض والشمس .

ومن ذلك نرى أن عملية التنبؤ بالمد والجزر واحدة من أعقد العمليات . بل أن التحليل التوافقي Harmonic Analysis لا يتم رسمه من طواهر المد والجزر بين لنا وجود قوى جذب أخرى ناتجة عن العديد من الكواكب السيارة الكبيرة . وفي المحيطات المفتوحة فقد تم رسمه (متوسط المدى لظاهرة المد والجزر للمحيطات بالنسبة لليابسة) والتي تم تسجيلها في جزر معزولة – ووجدت أنها حوالى ٢٥ قدم .

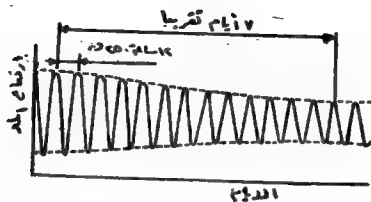
وهذا المدى يزيد كثيرا لمعظم المحطات على طول الشواطئ (السواحل) القارية نتيجة لتأثير هذا المدى بكل من : شكل Configuration خط الساحل Shore Line وكوتتور أرضية (قاع) المحيط .

أما أقصى مدى لهذه الظاهرة في اليابسة فهو حوالى ٦ بوصة .

وإذا لم توجد قوى مؤثرة أخرى سوى قوة الجذب القمرية فإن وقت حدوث المستوى المالى للماء (قمة المد) عندما يصبح القمر على خط الزوال (خط الطول) . ونتيجة لقوى المد والجزر المؤثرة الأخرى فإن الوقت الحقيقى للمدى المالى يختلف عن لحظة مرور القمر بخط الزوال (خط الطول) بمقدار يعرف بالفاصل القمري "Lunar Interval" وأثر هذا (الفاصل القمرى) يتلاشى (يبلغ متوسطه صفر) على المدى الزمنى الطويل ويبلغ متوسط الفاصل الزمنى ما بين قيمتين عاليتين متتاليتين لظاهرة المد والجزر ١٢ ساعة ، ٢٥ دقيقة أى نصف متوسط الفاصل الزمنى ما بين « أوجين أو ذروتين Two Peaks » ، للقمر .

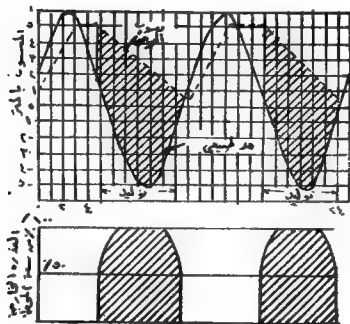
والفارق ما بين الزمن الحقيقى للمدى المالى والزمن المحسوب (الذى يتم حسابه) من لحظة انتقال القمر غير خط الزوال – مؤثلا (متضامنا مع) الفاصل القمري يعرف بتأسيس أو ترسيخ الميناء "Establishment of the Port" ويستحصل على قيم « التأسيس أو الترسيع » بالرصد للموانئ المختلفة وتوضع في جداول المد والجزر . والقيم التى يستحصل عليها لمينائين – واللذان يفصل بينهما بضعة أميال قليلة قد تختلف كثيرا نتيجة اختلاف شكل الخط الساحلى ما بين المينائين .

وظاهرة المد والجزر تمثل اتفاقا (اهدارا) للطاقة وجزء كبير من هذه الطاقة يأتي من طاقة الحركة Kinetic Energy لدوران الأرض . وهذه تميل الى مراجعة Tends to check دوران الأرض ومن ثم تطيل



(شكل ١ - ١)

تقلبات المد والجزر (مع بيان الجزر النام والجزر الناقص)



(شكل ١ - ٢)

بيان واقعي (من حالة واقعية) خرج محطة المد والجزر ذات الموضع
الفرد (الواحد)

(تمد من طول) اليوم الا ان هذا الأثر ضعيف جدا لدرجة يصعب
رصدنا .

ولقد بذلت جهود كبيرة للاستفادة من طاقة المد والجزر وان كان
التقدم فيها مازال محدود نسبيا .

توليد الطاقة الكهربائية من المد والجزر

مع زيادة أسعار الوقود الحفري يزداد الاعتماد أكثر فأكثر بالمصادر
غير التقليدية والمتجددة للطاقة . وهذه المصادر غير التقليدية - مثل
الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر لا يمكن مقارنتها مع
البدائل التقليدية لتوليد الطاقة نظرا لخصائصها المتفردة ولقد أسفرت
دراسات الجنوى لمشروعات محطات توليد الطاقة من المد والجزر أن هذه
النوعية من المحطات تتمتع بنوعين من المزايا أو المنفعة هما :

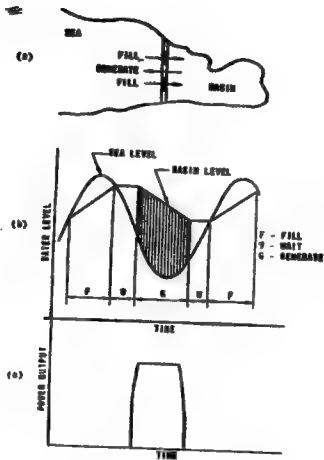
- الاقتصاد في وقود المحطات الحرارية .

- الاقتصاد في الاستثمارات نتيجة تأجيل انفاقها .

وبطبيعة الحال كلما ارتفعت أسعار الوقود كلما اكتسبت ميزة
الاقتصاد في الوقود أهمية أكبر .

لذلك فالفضل استغلال (أو سوق) لطاقة المد والجزر هو ذلك
النظام الذي يتضمن نسبة عالية من محطات التوليد التي تعمل بالوقود
الحفري (مازوت - غاز طبيعي - صولار - نافتا - فحم) والأماكن التي
تكون في مواقع قريبة من محطة المد والجزر لتقليل الفاقد في نقل
هذه الطاقة .

- وبين الشكل (٤ - ١) كيفية عمل (تشغيل) محطة توليد
بالمد والجزر ذات الأثر المفرد Single Effect أثناء دورة كاملة .
فالتوليد أثناء تصريف المياه من الحوض إلى البحر أثناء انحسار المد عن
الشاطئ خلال الفترات التي يكون خلالها فرق التوازن (أو السقوط
Head) المتاح عند القناطر barrages كافياً وكما هو مبين
بالمساحة المظلمة بالشكل (ب) . فإذا أخذنا في اعتبارنا خصائص
التوربينات البصلية أو الأنبوبية bulb أو توربينات التدفق المستقيم
Straight-Flow فإن كتلة Slug أو نبضة القدرة Power Pulse
تصبح كما هي مبينة بالشكل (ج) وكما هو الحال في أكثر مصادر



(شتار ٤ - ٧)

نظام الأثر المد.

(أ) كيفية توليد أو استغلال الطاقة .

(ب) دورة المد والجزر .

(ج) نبضة القوى للمد والجزر (حافة والتية)

توليد الطاقة الكهربائية شيوعا فان دراسة جدوى استغلال طاقة المد والجزر تتطلب دراسات لبرامج بمداخل التوسع في التوليد الكهربى بما فيها تصميم وسائل وتسهيلات جديدة في الشبكة الكهربائية وحيث ان القدرة الخارجة من محطة المد والجزر تختلف عن تلك الخارجة من أى محطة تقليدية فينبغى أخذ ذلك فى الاعتبار عند « جعله » انتاج القدرة الكهربائية . ففي محطة المد والجزر يمكن التنبؤ كاملا - ولعدة سنوات مقدما - بالطاقة الخارجة حيث أنها تتبع الدورة القمرية Lunar Cycle وبالتالي تتحرك تدريجيا بعيدا عن ثم تعود لتكون فى اتجاه in phase with مع دورة الشمس لذا فان دورة الشمس هي التى تشكل متطلبات الطاقة للمجتمع ففارق المنسوب (الضاحط Head) المستغل فى تنمية قدرة المد والجزر يتغير باستمرار - فالقدرة والطاقة التى يمكن استغلالها تتوقف على هذا الفارق (فى المنسوب) المتغير - مساحة الحوض basin المسيطر عليه Controlled - سعة قنوات التصريف المستغلة للماء أو تفريغ الحوض - سعة وحدات التوليد - وكذلك طريقة التشغيل . فاما سعة التوليد المركبة فتحدها الاعتبارات الاقتصادية أكثر مما يحددها التدفق المتاح وأما سعة قنوات التصريف فيحدد اختيارها امكانية السماح بملء وتفريغ الحوض بهدف الحصول على أكبر طاقة ممكنة أكثر مما يحدده الالتزام بأقصى تصريف نوعى (وهذا الأخير هو ما يتبع فى المحطات المائية التقليدية) .

يبين الشكل (٤ - ٣) حالة واقعية للقدرة الخارجة لمحطة مد وجزر وتبين المساحة المظلة فى هذا الشكل التوليد أثناء المد والجزر المتغير وبشكل دفع Slugs من الطاقة تحدث بمعدل مرتين لكل دورة مد وجزر . وكما ذكر سابقا فان توليد الطاقة من عملية المد والجزر يتوقف على الدورة ذات الأربعة وعشرين ساعة وخمسين دقيقة وبينما يمكن - وفى حدود معينة - تشغيل محطات المد والجزر ذات الحوض المفرد وازدواجية الأثر Single basin, double effect للفوائد باحتياجات الذروة الا ان مثل هذا النظام من شأنه زيادة - وبدرجة محسوسة جدا - تكلفة انتاج وحدة الطاقة . وكمية الطاقة المولد من محطات المد والجزر - باعتبارها فقط منتجة للطاقة وبدون سعة مؤكدة للقدرة Firm Power - فان كمية الطاقة المولدة والتى يمكن أن يستوعبها النظام الكهربى - ترتبط بالإمكانيات الذاتية للنظام لاعادة التوقيت retiming فالكمية التى يمكن استيعابها تعتمد على كل من :

- حجم النظام الكهربى .

— خصائص الاحمال الكهربائية •

— معدل استجابة وحدات التوليد الأخرى لازاحة أحمالها بعمل المد والجزر •

— ومعدل سرعة تجاوب الوحدات الأخرى للتشغيل بعد انتهاء التوليد من محطات المد والجزر •

لقد تم استنباط تسهيلات (احتياجات) التوليد المطلوبة لمواجهة الاحمال خلال الفترة المأخوذة في الاعتبار بعد فحص خطط التوليد البديلة بأخذ — وبدون الأخذ — في الاعتبار مشروعات المد والجزر • ومن ثم تطلب الامر دراسة شمولية لعمل خطط بديلة لتزودنا بخليط (مزيج) واقعي لأنواع وأحجام مهمات (تسهيلات) توليد الطاقة الكهربائية ثم أجريت المقارنة بين البدائل على أساس « القيمة الحالية » لكل منها وبافتراض تحقيق نفس الدرجة من الفول Reliability والأمان Security للنظام بالنسبة لكل بديل •

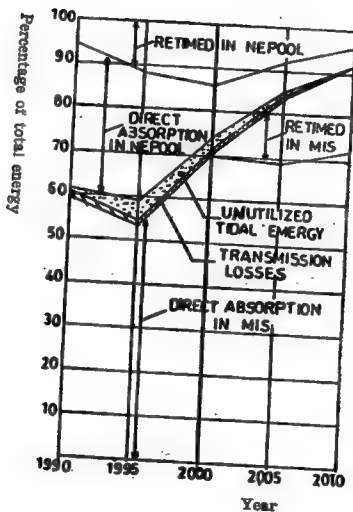
وعلى الرغم من أن أى مشروع بحوضين Two basin يتكلف — وبدون شك — أكثر من مشروع بحوض واحد Single basin Project لنفس السعة المركبة للمحطة إلا أن منافع الاقتصادية تزيد عن ثلاثة أضعاف منافع مشروع الحوض الواحد •

وكما يبين الشكل (٤ - ٥) فإن أغلب — أو معظم — قيمة طاقة المد والجزر فيما يصابها من ازاحة displacement أو تأجيل التكلفة العالية للوقود الحفرى • ونظرا لتغير أسعار الوقود — وخاصة النفط — خلال المقيدين الماضيين — يفوق التقير أسعار المقابل في استثمارات محطات المد والجزر لذلك يمكن أن نقول أن مزايا هذه النوعية من المحطات — شأنها باقى مصادر الطاقة غير التقليدية الأخرى — تبدو أكثر وضوحا مع ارتفاع أسعار الوقود الحفرى وخاصة النفط •

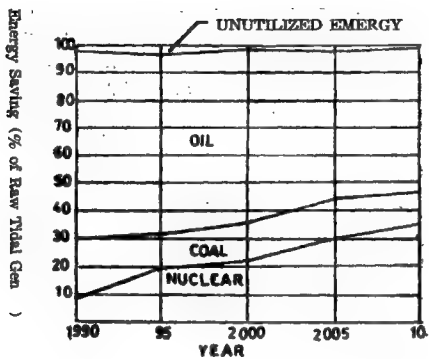
وجدير بالذكر فإن أشهر مشروعات المد والجزر لتوليد الكهرباء في العالم مشروعان هما :

— المشروع الفرنسى لمحطات المد والجزر المقام على نهر رانس Rance على ساحل النورماندى ويتضمن ٢٤ توربين مائى قدره كل منها ١٠ ميجاوات •

— مشروع خليج فونفى شرق كندا لإنشاء محطة لتوليد الطاقة الكهربائية من المد والجزر بسعة ٢٣٦٠ ميجاوات ويستهدف ادخالها على



(نکل ۱ - ۱)
(MIS, NEPOOL)



(شكل ٤ - ٢)

(MIS, NEPOOL)

الشبكة الموحدة الكندية عام ١٩٩٠ لتوليد طاقة كهربائية سنوية تقدر بحوالى ١١٣ تيراوات ساعة .

امكانات الاستيعاب الاستاتيكية والديناميكية لطاقة الله والجزر

يبين الشكل (٤ - ٦) تناوبات نبضات القدرة خلال اسبوع واحد اخذا في الاعتبار تغيرات منسوب الله والجزر المبينة بالشكل (٤ - ٢) مع بيان منحنى الاحمال للنظام المعنى (تحت الدراسة) وكما هو مبين نرى - وكحالة واقعية - ان اتساع كل نبضة يتراوح ما بين ٥ الى ٦ ساعات .

سواء اكان ممكنا استيعاب هذه النبضات ام لا ٠٠٠ والى مدى يمكن استيعابها فهذا يتوقف على كل من الخصائص الاستاتيكية والديناميكية للمنظومة التي تضم منطقة السوق (التي يستفاد بهذه الطاقة داخلها) .

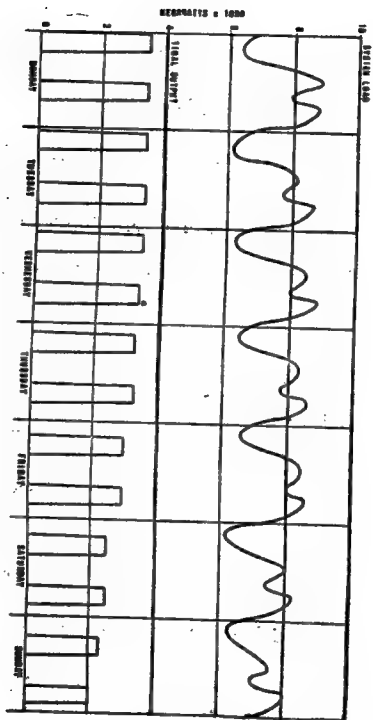
الامكانية الاستاتيكية للاستيعاب :

حيث ان زمن حدوث الله يتقدم ٥٠ (خمسون) دقيقة يوميا لذا فان استيعاب نبضات الله والجزر ينبغي ان يحدث في نقاط مختلفة من منحنى الاحمال . وفي اى فترة زمنية تساوى لفترة استغراق النبضة (نبضة الله والجزر) فان الامكانية الاستاتيكية لاستيعاب النظام هو قدرته على تخفيض back-off التوليد حتى يمكنه تقبل نبضة الله والجزر هذه . والنقطة التي يمكن للتوليد فيها ان يفسح المجال (الطاقة الله والجزر) تسمى بمنسوب التوليد والتشغيل الاجبارى "The must-run Level" وهذا الأخير تحدده الاعتبارات التالية :

(ا) التوليد او التشغيل الاجبارى للمحطات المائية must-run
hydro, اللازمة للحفاظ على اقل تدفق في النهر و / ثو تجنب التفيض Spilling

(ب) اقل توليد لمحطات المازوت او الفحم وهذا يتوقف على الخصائص التشغيلية للمحطة .

(ج) التوليد النووي - والذي بشكل عام لا يدخل دوريا على اساس يومى
Generally not cycled on a daily basis



(شكل ٤ - ١)

النسبة المئوية من الحمل الكلي في كل يوم (النسبة المئوية)

ويبين الشكل (٤ - ٧) منحني الاحمال اليومي لنظام كهربي حالة واقعية وكيف يحور أو يعدل بعد أخذ « نبضات » القدرة المولدة من المد والجزر .

ويبين الشكل (٤ - ٨) كيفية حساب استيعاب طاقة المد والجزر .

إمكانية الاستيعاب الديناميكية

نظرا للقيود الاستاتيكية السابق شرحها أعلاه يصبح لزاما أن توزع طاقة المد والجزر التوليد من المصادر الحرارية مثل الفحم والمازوت والغاز . وهذه المحطات ينبغي أن تكون قادرة على تخفيض القدرة المولدة منها وأن تقبل التحميل بالمدلات التي تملئها عليها حقيقة . إضافة Superposition of شكل التغير الفجائي Steepness لنبضة القدرة (للمد والجزر) مع التزامن مع تغيرات الاحمال في النظام . وهذا يمكن التعبير عنها بالمعادلة الرياضية البسيطة

$$\frac{dF}{dt} = \frac{dT}{dt} + \frac{dL}{dt} \dots\dots\dots \text{MW/min}$$

حيث أن $\left(\frac{dT}{dt} \right)$ هي ميل أو Steepness مقدمة front

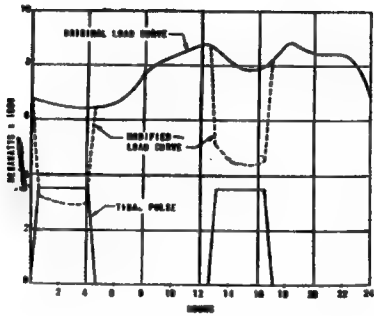
أو ذيل tail نبضة المد والجزر ممبرا عنها بـ «ميجوات / دقيقة» .

و $\left(\frac{dL}{dt} \right)$ معدل تقبل المحطات الحرارية الأخرى (الفحم والمازوت والغاز) للأحمال .

ويبين الشكل (٤ - ٧) منحني الاحمال اليومي - لحالة واقعية وهو نظام كهربي كندي - وكحقيقة تعديله بعد الأخذ من الاعتبار « نبضات » القدرة .

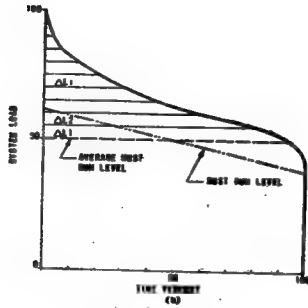
حساب إمكانية استيعاب طاقة المد والجزر الخام

كما هو مبين بالشكل (٤ - ٦) يمكن تقسيم نبضة المد والجزر الى قطع « توليد » $\Delta G_1, \Delta G_2, \dots, \Delta G_n$ ويبين الشكل (٤ - ٨) منحني استقراق التوليد السنوي من المد والجزر normalized وذلك بتجميع ثم إعادة ترتيب الـ ٧٢٠ نبضة المتتالية للمد والجزر .



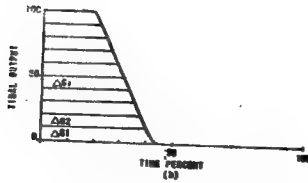
(شكل ٤ - ٧)

منحنى الأحمال اليومي بعد أن تم تعديل (تقويم) بعد
استيعاب مدة 25 لكه والجزر .

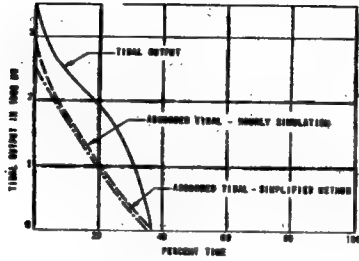


(شكل ٤ - A)

- طريقة حساب استهلاك الطاقة الخام للحد والجهد
- (٤) منحني الاستهلاك السنوي لمل النظام الكهربائي



- (ب) منحني الاستهلاك السنوي للحد والجهد



(شكل ٩ - ٤)

استيعاب طاقة المد والجزر الخام

- مقارنة ما بين طريقة نصف احتمالية وطريقة تعتمد على المحاكاة ساعة بساعة .

وتسهيل العملية على الحاسب الآلى (الالكترونى) لنفرض ان الجزء من منحنى استتراق الحمل والذي يملو خط التوليد الاجبارى The must run line - بالشكل (١) يقسم الى قطع Segments متساوية الارتفاع بحيث أن :

$$\begin{aligned} \Delta L_1 &= \Delta L_2 = \Delta L_3 \quad \dots ١ \\ \text{and } \Delta G_1 &= \Delta G_2 = \Delta G \quad \dots ٢ \end{aligned}$$

وباعتبار أن ١٠٠٪ من الزمن يعنى ٨٧٦٠ ساعة (عدد الساعات فى السنة) - ولنفرض أن كل من t_{oi} و t_{di} تمثل النسبة المثوية لطول فترة (زمن) استتراق ΔL_i ، ΔG_i على التوالي .

فاذا أخذنا فترة استتراق طويلة بدرجة كافية - وليكن مسنة كاملة - حتى يكون هنالك عدد كبير من دورات المد والجزر ، وحتى يمكن أن نفترض أن دورات المد والجزر المتباينة الشدة موزعة توزيعاً متساوياً بالنسبة لمستويات الأحمال المختلفة للنظام (والخطا الناتج عن هذا الافتراض هو خطأ صغير كما مبين بالشكل (٤ - ٩) .

فالقطع ΔG_i و ΔG_{i+1} متطابقين ولكن ΔG_i دائماً أطول من ΔG_{i+1} . وبالتالي حتى تم استيعاب القدرة الخارجة ΔG_i بالحمل ΔL_i ، وبالتالي تستنفذ طاقة أو امكانية - الحمل ΔL_i - للاستيعاب . ويمكن حساب امكانية النظام للاستيعاب بإضافة استيعاب كل توليد ΔG_i الى التحميل ΔL_i المقابل .

وباستخدام هذه الملاحظات - المشار إليها أعلاه - فإن النسبة المثوية للفترة الزمنية التى تستوعب فيها الطاقة لكل ΔG_i هى

$$t_{oi} = \frac{t_{di} \cdot \Delta G_i}{100} \quad \dots ٣$$

وإجمال الطاقة المستوعبة هى

$$e_{oi} = \Delta G_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{t_{di} \cdot \Delta G_i}{100} = \Delta G_i \cdot \sum_{i=1}^n t_{oi} \quad \dots ٤$$

وإجمال الطاقة المولدة هى

$$e_g = \Delta G \cdot \sum_{i=1}^n t_{oi} \quad \dots ٥$$

والجزء المستوعب من الطاقة المولدة يمكن حسابه من المعادلتين الأخريتين ليصبح :

$$e_o = \frac{e_{oi}}{e_g} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi}}{\sum_{i=1}^n t_{oi}} \quad \dots ٦$$

دراسة حالة واقعية - للمشروع لاستغلال طاقة المد والجزر بغليج فوندى الكندى

فى هذا الخليج - والذي يقع فى المحيط الأطلنطى على الساحل الكندى يصل المد والجزر الى أعلى مدى معروف - على مستوى العالم . ولقد شجعت - ولحسن الحظ - طبوغرافية موقع الخليج على تخطيط استغلال القدرة المحتمل توليدها من هذا الخليج والتي تصل الى بضعة آلاف ميغاوات . وتحدد الموقع فى منطقة تحدها من الغرب مقاطعة نيويورك New Brunswick وشرقا مقاطعة نوفاسكوتيا Nova Scotia . وفى عام ١٩٧٥ ألفت المقاطعتان مع كندا على القيام - مشتركتين بتقييم الجفوى الفنية والاقتصادية للتنمية القدرة المولدة من هذا الخليج فى ضوء التقدم التكنولوجى . وكذلك احتمالات الدلالات الاقتصادية لتغير من أوضاع (حالات أو طرف) الإتاحة لمصادر الطاقة البديلة .

ويخدم هذا المشروع الاحمال الكهربائية فى كل من :

- الاحمال المحلية لنظام Maritime Integrated System (MIS) والذي يتضمن عدة مؤسسات فى مقاطعة نيويورك - نوفاسكوتيا - وجزيرة الأمير إدوارد .

- فى حالة الطوارئ يمكن أن تمد مناطق أخرى فى كندا مثل كوبيك والاحمال فى مناطق بشمال الولايات المتحدة الأمريكية .

وسنستعرض هنا شرحا موجزا لبعض الدراسات الهامة التى تمت لاستغلال طاقة المد والجزر بغليج فوندى لتوليد الكهرباء .

أولا : دراسة تحليلية لامكانية استغلال طاقة المد والجزر بغليج فوندى : أظهرت الدراسة التحليلية لمتغيرات الاحمال اليومية بفرق كندا أن أقصى زيادة (تغير بالزيادة) للحمل - يبلغ ١٦٧٪ من ذروة الحمل اليومي كل دقيقة ويحدث هذا ما بين السادسة والثامنة صباحا . أما أقصى نقصان فى الحمل فيبلغ حوالى ١٢٣٪ من ذروة الحمل اليومي لكل دقيقة ويحدث تقريبا فى منتصف الليل . وهذا يقابل معدل تغير فى الحمل مقداره ١٦٧ م ٠ و/ دقيقة بالنسبة للمنظمة حجمته ١٠٠٠ م ٠ و. وتشير الدراسات الخاصة لإيجاد أفضل حجم لمحطات المد والجزر أن معدل الخارج من هذه المحطة لا يتجاوز ٥٠ م ٠ و/ دقيقة

بالنسبة لمحطة سمعتها ٣٠٠٠ م.و. وكذلك لا يزيد عن ٢٥ م.و. / دقيقة
 بالنسبة للمحطة ذات سعة ١٠٠٠ م.و. وذلك لكل من مقبلة ومؤخرة
 النبضة (نبضة المد والجزر) ٠ وأعلى معدلات تغير تحتل على حمل
 متنامي (متزايد) للنظام مع نقصان Falling أو انخفاض في خرج
 محطة المد والجزر لينتج حوالى ٦٦٧ / م.و. / دقيقة للمنظومة ذات حجم
 ١٠٠٠ م.و. مع محطة مد وجزر سمعتها ٣٠٠٠ م.و.

والمحطات الحرارية القائمة فعلا داخل النظام الكهربى - فى هذا
 المثال - لها امكانية متابعة للأحمال Load-Following Capability
 ٥% (من معدلها الثتن) فى الدقيقة. وذلك للأحمال الأعلى (الأكبر) من
 أقل تحميل مسموح به ٠ وأشارت الدراسة الى أن وحدات التشغيل
 الدورى (وحدات الذروة) Cycling Plants - المزمع عملها مستقبلا
 (وقتذاك) قد يكون لها امكانية متابعة أحمال بمعدل ١٠% (من معدلها
 الثتن) فى الدقيقة ٠ كذلك بشرط أن يكون التحميل أعلى من أقل تحميل
 مسموح به ٠ وبالنسبة لمجموعة من المحطات التى تعمل سويا وكلها تحت
 السيطرة jointly-Controlled plants فان امكانية متابعتها للأحمال ستكون
 أقل من امكانية وحدة منفردة ٠ لذلك فقد افترضت الدراسة هذا الرقم
 ٣% (من اجمالى المعدل الثتن للوحدات الدورية المتصلة بالنظام) لكل
 دقيقة ٠ بذلك يتطلب استيعاب نبضة المد والجزر من محطة (مد وجزر)
 سمعتها ٣٠٠٠ م.و. - محطات دورية تربط بشبكة النظام اجمالى سمعتها
 يعادل ٦٦٧ / ٠.٣ = ٢٢٢٥ م.و. وعلى الرغم من أن نبضة المد والجزر
 الحقيقية يمكن أن تكون أقل من هذه القيمة بدرجة ملحوظة ٠ وفى الأوقات
 التى تكون فيها امكانية الاستيعاب الاستاتيكية أقل من هذه القيمة يجب
 تخفيض معدلات الخارج Output gradients من محطات المد والجزر
 لتتوافق (أو تواكب) المتطلبات الديناميكية والتى تنبغى عن قدر
 بسيط من الفائض فى الطاقة ٠

هنالك حل جليل آخر لاستيعاب طاقة المد والجزر من خلال محطات
 الضخ والتخزين المائى وأجريت دراسات تفصيلية باستخدام الحاسبات
 الالكترونية - على النظام المشار اليه - بينت أن « الحدودات أو القيود
 الديناميكية » قد تؤدى - أو تنتج عنها - فقد كمية ضئيلة جدا من طاقة
 المد والجزر الخام ٠

ثانيا : دراسة اثر ادخال وحدات التوليد الكهربائية من المد والجزر في خطة التوسع في التوليد الكهربى في كندا :

في دراسة أجريت عن « اثر ادخال وحدات المد والجزر » في مزيج التوليد لتخطيطا لتوسع في نظم التوليد الكهربى بكندا صممت برامج تقوم بأداء الوظائف التالية : -

- تقوم نظم المحاكاة للكمبيوتر المحسنة بتوزيع الاحمال dispatching بين وحدات التوليد بدءا من المصادر - غير الحرارية - مثل المد والجزر - المحطات المائية التقليدية - محطات الضخ والتخزين المائية وذلك لمقابلة الاحمال ساعة بساعة - اخذا في الاعتبار المحطات - (القيود) المفروضة مثل الوحدات التى يتنبى علم توقفها أو أدنى احمال ممكنة عل وحدات معينة (مثل الوحدات المائية غير المسيطر عليها Uncontrollable Hydro - الوحدات النووية وبعض الوحدات الحرارية التقليدية .

- استغلال طاقة المد والجزر المولدة الى أقصى درجة ممكنة . أما ما لم يكن استيعابه منها فيستغل في أحمال أخرى - غير متصلة (مرتبطة) بالنظام الكهربى (أحمال محلية) .

- الاحمال - ساعة بساعة - المتبقية بعد ذلك (أى بعد استيفاء الوحدات غير الحرارية) ترتب تصاعديا لتكون منحنيات استغراق الحمل Load Duration Curves (LDC)

- اختيار أفضل مزيج من الوحدات النووية والحرارية الدورية Cyclic Thermal على أساس من التكلفة (الرأسمالية) والتشغيل مع اختيار أفضل حجم لوحات الضخ والتخزين بطريقة تحديدية Deterministic (وليست بطريقة الاحتمالات) تكرارية . وهناك برنامج مساعد لتحديد وحدات الذروة التى يتنبى اضافتها - اخذا في الاعتبار معدلات الخروج الاضطرابى لوحات التوليد الحرارية (طريقة احتمال فقد الحمل) من كل ذلك يمكن للبرنامج حساب التكلفة الاجمالية المبنوية للتوليد الحرارى ثم تقارن النتائج على أساس التكلفة باستخدام - وبدون استخدام - طريقة التوليد بالمد والجزر .

وفى كندا أظهرت الدراسات - أنه يمكن ادخال وحدات المد والجزر بدءا من عام ١٩٩٠ - وتبين الجدوال (١) ، (٢) ، نتائج دراسة لخطط التوسع في التوليد الكهربى من عام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠١٠ لنظامين كنديين اخذا في الاعتبار اضافة - وبدون اضافة - وحدات للمد والجزر .

جدول (١) خطة التوسع في التوليد نظام «مدري تأميم» والتكامل من عام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠١٠

سنة	خطة التوسع بدون محطات مد وقود (د.م)				خطة التوسع مع محطات المد والجزر (د.م)				الخيار الترميمية (د.م)			
	توليد	محرك	إيرادات التأجير	مصاريف	توليد	محرك	مصاريف	توليد	محرك	مصاريف	توليد	محرك
١٩٩٠	٦٢٥	—	—	—	٦٢٥	—	—	—	—	—	—	—
١٩٩١	٧٥٠	—	—	—	٧٥٠	—	—	—	—	—	—	—
١٩٩٢	٧٥٠	—	٢٠١	—	—	٢٠٠	—	٧٥٠	—	١٠٠	٧٥٠	—
١٩٩٣	٧٥٠	—	٢٠٠	—	٧٥٠	—	١٠٠	٧٥٠	—	١٠٠	٧٥٠	—
١٩٩٤	—	—	٢٠٠	—	٧٥٠	—	٢٠٠	—	—	١٠٠	—	—
١٩٩٥	٧٥٠	—	١٠٠	—	٧٥٠	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—
١٩٩٦	٧٥٠	—	١٠٠	—	٧٥٠	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—
١٩٩٧	—	٤٢٠	—	—	٧٥٠	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—
١٩٩٨	٧٥٥	—	١٠٠	—	—	٢٠٠	—	٧٥٥	—	٢٠٠	—	—
١٩٩٩	٧٥٥	٤٧٥	١٠٠	—	٧٥٥	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—
٢٠٠٠	٧٥٥	—	٢٠٠	—	٧٥٥	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—
٢٠٠١	٧٥٥	—	٢٠٠	—	٧٥٥	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—
٢٠٠٢	٧٥٥	—	٢٠٠	—	٧٥٥	—	٢٠٠	—	—	٢٠٠	—	—

تابع جدول (٨) :

مطلة التوسع مع اوقات مسافات الكه وابلور (٥٢)				مطلة التوسع بدون مسافات الكه وابلور (٥٢)				مجم
الاصلي		مسار	مطري	مطري	مطري	مطري	مطري	
٥٠٠	-	١٠٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٢
٤٠٠	-	٥٠٠	٩٠٠	٤٠٠	-	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٤
٥٠٠	-	٤٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٥
٥٠٠	-	٤٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٦
٥٠٠	-	٤٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٧
٥٠٠	-	٤٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٨
٥٠٠	-	٤٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٩
٥٠٠	-	٤٠٠	٩٠٠	٢٠٠	١٢٠٠	٤٠٠	١٢٠٠	٢٠١٠

- من خانة (عمود) الفروق التراكمية بالجدول (١) يمكن أن نرى أن ادخال محطة مد وجزر سمعتها ٣٣٦٠ م. و. عام ١٩٩٠ له تأثير واضح على بدائل خطة التوسع في التوليد لنظام « ماري تايم » (MIS) أما الأثر « قصير المدى » هو تأجيل أو أرجاء التوليد النووي ولكن مع اضافة توربينات غازية أكثر - والأثر « بعيد المدى » (عام ٢٠٠٥) هو « حذف » ٩٥٠ م. و. ومن المحطات البخارية التي تعمل بالوقود الحفري ولكن مع اضافة حوالي ٤٠٠ م. و. من التوربينات الغازية . أي أن التأثير النهائي (الصافي) هو خفض سمات التوليد المطلوبة بمقدار ٥٥٠ م. و.

- وبذلك يمكن أن نستخلص نتيجة هامة من التحليل السابق وهو أن تشغيل محطات مد وجزر - سمعتها ٣٣٦٠ م. و. بأسلوب (أوريجم) توليد الطاقة فقط يعادل اضافة ٥٥٠ م. و. فقط - (أي ١٥٪ - من سمعتها) الى النظام (أو الشبكة الكهربائية) .

- ومن خانة (عمود) الفروق التراكمية للجدول (٢) نرى أنه من الواضح أن التوليد الناتج من محطات المد والجزر له تأثير بسيط نسبياً على بدائل خطة التوسع في التوليد للشبكة الموحدة لولاية نيوانجلاند NE POOL فيوجد فقط أثر قصير المدى لتأجيل بعض التوليد ويتلشى الأثر لينعدم تماماً بعد عام ٢٠٠٠ . وهذه نتيجة معقولة حيث أنه في السنوات الأولى التي تلي تركيب محطات المد والجزر فلا يزال نظام « ماري تايم » صغير نسبياً وبالتالي فإن كمية التوليد لا يستوعبها نظام NE POOL (نيوانجلاند) وينمو نظام « ماري تايم » مع الوقت تنمو معه طاقته لاستيعاب توليد المد والجزر ومن ثم يتناقص توليد المد والجزر « غير المستوعب » Unabsorbed في شبكة نيوانجلاند بشكل ملحوظ .

وبالنسبة لخطوط الربط الكهربائية فقد تم دراسة بدائل عديدة لانشاء خطوط ربط بين نظامي « ماري تايم » وشبكة « نيوانجلاند » بهدف الوصول الى أفضل قيمة لطاقة المد والجزر التي يمكن نقلها مع تكافئها أو تناسبها مع تكلفة ممرات نقل الطاقة وأسفرت الدراسة أن انشاء خط ربط من دائرة واحدة جهد ٧٦٥ ك. ف. وسعة نقل ٢٥٠٠ م. و. بين النظامين هو أفضل الخيارات بالنسبة لمحطة المد والجزر بسعة ٣٣٦٠ م. و.

وتأسيساً على سبعة خط الربط المختارة (٢٥٠٠ م. و.) توزع الطاقة المولدة من محطة المد والجزر والتي تبلغ ١١٣٠٠ ميجاوات ساعة

جدول (٧) خطة التوسع في التوليد للشبكة الموحدة لولاية « نيو أنجلاند » الكندية من عام ١٩٩٠ حتى عام ٢٠١٠

الزرق الترابية (٥٢)					خطة التوسع مع ابدال محطات الكلد وانجورد (٥٢)					خطة التوسع بدون محطات مد وجرد (٥٢)					مجموع
الاصل	تأمين	ت. غازية	حرق	نووي	سج وطيران	ت. غازية	حرق	نووي	سج وطيران	ت. غازية	حرق	نووي	سج وطيران	ت. غازية	
٢٠٠	-	٢٠٠	-	-	٥٥٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٠
١٩٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩١
١٧٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٢
١٦٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٣
١٥٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٤
١٤٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٥
١٣٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٦
١٢٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٧
١١٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٨
١٠٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	١٩٩٩
٩٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٠
٨٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠١
٧٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٢
٦٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٣
٥٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٤
٤٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٥
٣٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٦
٢٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٧
١٠٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٨
٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠٩
٠	-	٥٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	-	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	-	١٥٠٠	٥٠٠	٢٠٠	٢٠١٠

سنويا لتخدم النظامين الكهربائيتين وبين الشكل (٤ - ٤) الجزء من طاقة المد والجزر (النسبة المثوية من الاجمالي السنوي للمحطة) والتي يستوعبها كل من النظامين الكهربائيين . كما يبين الشكل الفاقدة في خط الربط - والمصاحب لعملية نقل الطاقة . وطاقة المد والجزر غير المستغلة نتيجة « حدود نقل القدرة للخط » Transmission Limitations

وإذا فحصنا الشكل (٤ - ٤) نجد أن حوالي ٥٩٪ من طاقة المد والجزر يمكن استيعابها مباشرة خلال نظام «ماري تايم» "MIS" بينما نجد أن ٣٩٪ منها يمكن استيعابها - أما مباشرة أو بتخزينها لاستخدامها بعد ذلك retimed في شبكة نيوانجلاند NEPOOL . وتظل هذه القيم بدون تغيير حتى عام ١٩٩٥ . بعد ذلك تتحسن طاقة الاستيعاب لنظام « ماري تايم MIS » بشكل واضح حتى عام ٢٠١٠ لتصبح حوالي ٩١٪ من اجمالي الطاقة المولدة بالمحطة .

ومن الطبيعي أن تؤثر طاقة المد والجزر التي تستوعبها نظم الربط المشار إليها بأن تحمل محل قدرًا من الطاقة في المحطات الحرارية ومن ثم فهي تقلل من الطاقة المنتجة داخل هذه الأخيرة ومن ثم يمكن تقييم الاقتصاد في النفقات نتيجة ربط محطات المد والجزر بأي نظام بقيمة الاقتصاد (التوفير) في كمية ونوع الطاقة الحرارية التي حلت محلها . وهذا ما يبينه لنا الشكل (٤ - ٥) مبررا عنه بالنسبة المثوية للطاقة الخارجة من محطات المد والجزر والتي قدرت بـ ١١٣٠٠ ج . و . س . وهنا الاقتصاد في نفقات التوليد هو الذي يوازن مع استثمارات المحطة لتقييم الجدوى الاقتصادية من انشاء هذه المحطات .

وبفحص الشكل (٤ - ٥) يتبين لنا أنه بحلول عام ١٩٩٠ - وهو العام المتوقع لبدء التشغيل التجاري لهذه المحطة - فإن ٧٠٪ من الطاقة التي سوف تحمل محلها محطة المد والجزر هي طاقة مولدة من محطات تعمل بالمازوت و ٢٢٪ منها من محطات تعمل بالفحم و ٨٪ منها محطات تعمل بالوقود النووي . وذلك بالنسبة للشبكة المشتركة (الموحدة) - لنظامي « ماري تايم » (MIS) ونيوانجلاند (NEPOOL) ونظرا لتركيز برنامج التوسيع على المحطات النووية لتوليد الكهرباء نرى أنه - في الشكل - أن هذه النسب سوف تتغير عام ٢٠١٠ لتصبح ٥٢٪ من المحطات التي تعمل بالمازوت ، ٣٥٪ من المحطات التي تعمل بالفحم ، ١٣٪ من المحطات التي تعمل بالفحم .

الخلاصة

القيمة الاقتصادية لمحطات توليد الطاقة من المد والجزر يمكن قياسها بالوفر (الاقتصاد) - مقيما بالدولار مثلا - في مهمات توليد الطاقة سواء نتيجة حلف محطات من الطاقة أو تأجيل اتفاق استثمارات لإنشاء محطات حرارية . وهذه القيمة الاقتصادية تعتبر منفعة - تقاوم بتكلفة محطات المد والجزر - شاملة استثمارات المحطة نفسها + تكاليف شبكة الربط الكهربائية .

وكما ذكرنا آنفا فإن أفضل استغلال (أو سوق لاستغلال) لطاقة المد والجزر هو ذلك النظام الذي يتضمن نسبة عالية من محطات التوليد الكهربائية التي تعمل بالوقود المحرق مع استغلال هذه الطاقة في المواقع القريبة من المحطة بهدف تقليل الفاقد في نقل الطاقة الكهربائية المولدة .

ولكن إذا كانت سعة محطة المد والجزر كبيرة فإن القيمة الحدية Marginal لطاقة المد والجزر بالنسبة للسوق الأول (الأفضل) تبدأ في الانخفاض نظرا لأن طاقة المد والجزر تبدأ في إزاحة طاقة تعتبر رخيصة نسبيا - وهي الطاقة النووية - أو قد لا يستطيع السوق الاستيعاب كاملا لهذه الطاقة لظروف أو لوجود محدودات فنية . وإذا حدث ذلك فيمكن تحسين الاقتصاديات الشاملة (أو الكلية) لطاقة المد والجزر بتقديم (ادخال) سوق ثانوي وأحيانا سوق ثالث . والفارق في القيم الحدية المقابلة لطاقة المد والجزر يمكن - وهذا يتوقف على تكلفة نقل الطاقة بين السوق الأصلي (الأول) والسوق الثانوي - أن تجب تكلفة نقل الطاقة ومن ثم يزيد الميزة الاقتصادية الملمة للمشروع . إذن يوجد دائما مستوى معين من نقل الطاقة والذي يحقق أكبر اقتصاد عام للنظام نتيجة استغلال طاقة المد والجزر ومن ثم فالحل المثالي هو استخدام طرق التفضيل Optimization لتحديد طاقة المد والجزر ما بين السوق الأصلي والثانوي . إلا أن هذه المشكلة معقدة جدا ويصعب أخذها في الاعتبار من وجهة النظر العملية . إلا أن هنالك وسيلة أبسط من تكتيك التفضيل Optimization وهو بأن يعطى السوق الأصلي الأولوية (الأفضلية للاستيعاب المباشر لطاقة المد والجزر) . أما إزاحة التوليد النووي (مثلا) فهو إجراء تمليه القدرة أو الإمكانيات للوحدات النووية من أجل تنظيم القدرة الخارجة منها . فبتغيير التوليد النووي الضروري must-run nuclear regulation المفترض نحصل على توزيعات مختلفة لطاقة المد والجزر بين الأسواق (الأصلية والثانوية) .

ويمكن زيادة استقلال هذه الطاقة (طاقة المد والجزر) داخل حدود أحد الأسواق - باستخدام وسائل التخزين .

- كذلك بتغيير صفة - أو قدرة - نقل الطاقة ما بين الأسواق - وكذا كمية التخزين في السوق الأصلي - يمكن التوصل الى أفضل توليفة لسعتي التخزين والنقل .

- يمكن ادخال سوق ثالث - في عملية التحليل - اذا كانت الطاقة المتبقية - ولم يمكن استغلالها في أى من السوق الأصلي أو الثانوى - ذات قدر كبير .

الفصل الخامس

الطاقة الحرارية المختزنة بمياه المحيطات

حيث أن مياه البحار والمحيطات تغطي أكثر من ٧٠٪ من سطح كوكب الأرض فمن ثم فهي تقوم بتجميع وتخزين كمية هائلة من الطاقة الشمسية . وتقوم هذه الطاقة الشمسية بتسخين المياه السطحية في المناطق الحارة (الاستوائية) وكذلك تذويب الثلوج المحيطة بكل من القطب الشمالي والجنوبي لتؤدي الى خلق تيارات محيطية (دائية) باردة في أعماق المحيط والتي تتدفق أسفل الطبقات العليا الدافئة .

من هنا نشأت فكرة استغلال التباين الحرارى بين طبقة المياه السطحية الدافئة والطبقة العميقة الباردة لتوليد طاقة كهربائية من محطات أطلق عليها « محطات تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات »
Ocean Thermal Energy Conversion - OTEC

وفي محطات تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات OTEC يستخدم سائل - مثل الأمونيا - والذي له درجة غليان منخفضة - كوسيط يقوم بتسخينه (أى سائل الأمونيا) بدرجة الغليان المياه السطحية الدافئة ومن ثم تحويله الى غاز عند ضغط عال بدرجة تكفى لإدارة توربين لتوليد الكهرباء . وبعد مرور هذا الغاز في التوربين يبرد ويكثف بفعل المياه العميقة الباردة .

وتبنى محطات تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات OTEC على أرضية عائمة كبيرة تمتد لبضعة مئات من الأقدام داخل المياه . وتقوم كابلات القوى الكهربائية البحرية بنقل الطاقة الكهربائية المولدة لاستهلاكها داخل مواقع توليدها لإنتاج أنواع من الوقود أو المنتجات الكيميائية مثل الهيدروجين - الميثانول والأمونيا - لاستخدامها على السواحل .

وسائل استغلال الطاقة الحرارية بمياه المحيطات

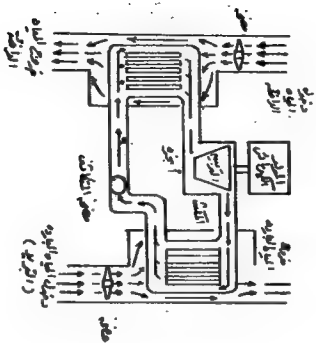
لتحويل الفارق في درجات الحرارة بين طبقات مياه المحيط الى طاقة كهربائية تفدى المياه الدافئة في المنسوب العالي الى غلاية • بينما تفدى المياه الباردة نسبيا في المنسوب المنخفض الى مكثف (Condenser) ويضخ مانع وسيط مناسب (Working Fluid) مثل الامونيا من المكثف الى الغلاية ويسخن بالماء الدافئ الداخل ، ومن ثم تخرج الامونيا في حالة بخارية تحت ضغط عال الى التوربين (Turbine) ثم تكمل الدائرة الى المكثف بواسطة من الطرق الآتية :

١ - طريقة الدائرة المفتوحة : The Open Cycle Thermal System

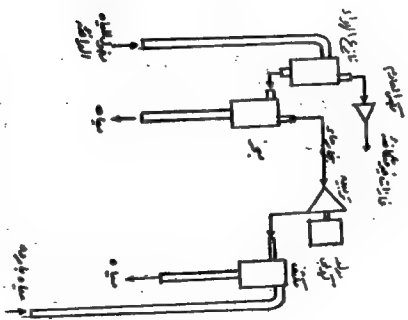
وفي هذه الطريقة يستخدم ماء البحر (أو المحيط) نفسه كمانع وسيط Working Fluid ويسخن هذا الماء في مبخر (Evaporator) يعمل تحت تفرغ جزئي ويمرر هذا البخار - وهو تحت ضغط منخفض - خلال التربين حيث تتحول الطاقة الحرارية الى طاقة ميكانيكية كما هو مبين بالشكل (٥ - ١) ثم يتكاثف البخار ولا يعود الى المبخر كما في حالة الدائرة المغلقة • واكبر عيوب طريقة الدائرة المفتوحة هو أنها تحتاج الى تربينات ذات حجم كبير جدا (نظرا للضغط المنخفض للبخار) وأنها تحتاج الى فاضلات للهواء والغازات (deaerators) للتخلص من الغازات المذابة •

٢ - طريقة الدائرة المغلقة The Closed Cycle Thermal System

في هذه الطريقة المطلوب هو نقل كميات كبيرة من الحرارة مع تدرجات طفيفة في درجة الحرارة (Low Temperature Difference) حيث تدعو الحاجة الى استخدام مبادلات حرارية ضخمة (شكل ٥ - ٢) • وبينما تعمل المبادلات الحرارية التقليدية بمعامل نقل حراري كلى • Overall heat transfer Coefficient يتراوح بين ١٧٠٠ - ٢٣٠٠ وات درجة حرارة مئوية • كم^٢ • فان المستهدف في هذا المشروع هو الوصول الى ضعف هذه القيمة على الأقل • وقد تم فصلا تصميم مبادلات حرارية وهذه المبادلات الحرارية أما أن تأخذ (الشكل ٣) وهي النوع (Shell and Tube) أو تأخذ (الشكل ٤) على هيئة الواح ذات زعانف (Plate type) • وعلى الرغم من أن وسائل الامونيا هو افضل الموائع للاستخدام في الوقت الحالي على الأقل فان امكانية استخدام البوليثلين Polythelene أو الهالكربون Halocarbon لا تزال تحت الدراسة •



شكل (٥ - ٥) : خريطة المرافق المائية



شكل (٥ - ٦) : خريطة المرافق المائية

الدراسات الخاصة بهذه التقنية

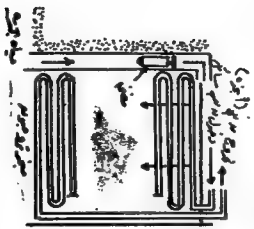
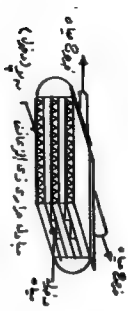
أجريت تجارب (أوائل السبعينيات) - لاختبار نظم التوليد سواء التصميمات أو الجودة . وكشفت هذه الاختبارات عن مشاكل تتعلق بالمواد التي تتآكل أو الحشيف البحري نتيجة الكائنات البحرية الحية biofouling (والتي تسبب أو تعوق المواسير الفاطسة تحت الماء)
الا أن الاستمرار في البحوث سيؤدي حتما الى تحسين الجودة بالنسبة للتصميمات المتوقعة لمحطات OTEC وبالتالي سوف تؤدي الى استخدام هذه التقنية في توليد الطاقة خلال القرن القادم باذن الله .

ولقد أشارت الدراسات الأولية والتي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية الى أن الطاقة الحرارية المخزنة بين طبقات المياه المختلفة Thermal Gradient Energy في مياه المحيطات التي تمر في حدودها الدولية بحوالى ٢٠٠ بليون وات لكل ساعة (200 GW) ويستهدف البرنامج الفيدرالى المسمى OTEC لاستغلال هذا التدرج في المستوى الحرارى بين طبقات المياه بدءاً من قاع المحيطات لإنشاء محطات لتحويل هذه الطاقة الشمسية المخزنة كطاقة حرارية في المحيطات الى طاقة كهربائية دائمة .
وبينت نتائج الدراسات الأولية الجذوى الاقتصادية الى أنه في حالة استمرار ارتفاع أسعار البترول بمعدل أسرع - لحد ما - من معدل التضخم فإنه في بداية التسعينيات يمكن إنشاء محطة كهربائية بقدرة ٢٥٠ ميجاوات في جزر بورتوريكو وتكون تكاليفها أقل من إنشاء محطة معالجة تعمل بالنفط السائل .

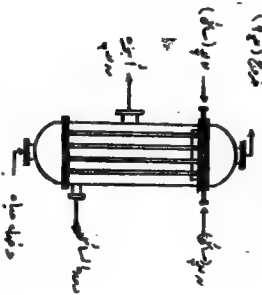
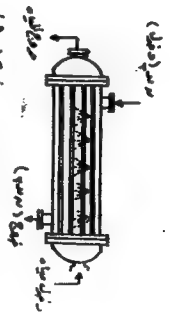
وأساس هذا التخفظ يرجع الى أن عملية تحويل الطاقة الحرارية للمحطات OTEC كانت وقتذاك تعتبر غير كفءة بالمرءة - حيث كانت تبلغ ربما ١٠٪ فقط أى عشر كفاءة المحطات الحرارية التقليدية . ولتضرب مثالا على ذلك .

- للحصول على قدرة ١٠٠٠ ميجاوات من محطة OTEC فأننا نحتاج - بالتقنية التي كانت متاحة في السبعينيات الى ما يتراوح من ٣٠ الى ٦٠ ألف فدان من سطح المحيط علاوة على الحاجة الى حجم هائل للتوربين البخارى ومهمات الملحقة .

هذا الى جانب مشاكل تآكل الأنابيب (أو المواسير) ونمو الكائنات البحرية وتأثيرها داخل المعدات إضافة الى العواصف الاستوائية Tropical Storms



شكل (٤ - ٥)
مبادلات حرارية من نوع الاالواح ذات الزعانيف
تستخدم كذلك في الدائرة المغلقة



شكل (٣ - ٥)
مبادلات حرارية من نوع الدروع والماسحة
تستخدم في الدائرة المغلقة

الاختيارات التي طرحت امام البرنامج الأمريكي لتطوير هذه التقنية

امام البرنامج OTEC اختيران اساسيان لاستغلال هذه الطاقة وهما :

الأول : هو مشروع تحويل هذه الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية ونقلها الى الشاطئ .

الثاني : وهو مشروع انشاء صناعات تعتمد على الاستغلال المباشر للطاقة الحرارية مثل صناعات الامونيا والهيدروجين والالومونيوم . وفي حالة الاختيار الاول فانه يتطلب استخدام كابلات كهربائية بحرية لنقل الطاقة الكهربائية من مواقع انتاجها الى مواقع الاستهلاك على اليابسة بينما تستخدم الناقلات البحرية لنقل المنتجات في حالة الاختيار الثاني . وعلى الرغم من كثرة المصاعب التي تواجه حالة اختيار البديل الاول الا ان الدراسات تركزت على هذا البديل لفوائده العامة .

الاختيار الأول : استغلال الطاقة الحرارية وتحويلها الى طاقة كهربائية :

وقع عبء ادارة وتنظيم العمل في هذا البرنامج على وكالة الطاقة الأمريكية واشترك في تنفيذه وكالات أخرى فيدرالية وساهمت فيه وزارات التجارة والبحرية اضافة الى عقود أخرى أبرمت مع مؤسسات صناعية وعلمية مثل معامل لورنس بركل وواوك ريدج ومعهد بحوث الطاقة الشمسية التابع لوكالة الطاقة الأمريكية .

وقد قسم هذا البرنامج الى ثلاث مراحل وهي :

المرحلة الأولى : وهي خاصة بتصميم وتنفيذ واختبار مبادلات حرارية صغيرة Heat Exchangers لا تزيد على ١ ميجاوات حراري (حوالي ٢٥ ميجاوات كهربائي) وذلك لتصديق المعرفة عن الكائنات الحية التي تلوث الطبقات الدنيا ومن ثم تحسين الطرق الخاصة بالتقليل من آثارها وقد تم تنفيذ هذه المرحلة .

المرحلة الثانية : لاعداد سفينة خاصة مزودة بالامكانيات اللازمة لاجراء الاختبارات على مبادل حراري مصغر بغية امداده بالبيانات الضرورية عن التلوث وعملية التنظيف وكذا معلومات عن التيارات المائية وكل البيانات الأخرى الخاصة بالبيئة المحيطة بشكل عام .

المرحلة الثالثة : وهذه المرحلة والمقترح فيها بناء محطة تجريبية أو ارشادية Pilot Plant قدرتها حوالي ١٠ ميجاوات والهدف من اقامتها

وتشغيلها امداد البيانات اللازمة لتشغيل محطة متكاملة ذات قدرة تتراوح بين ١٠٠ ← ٢٥٠ ميجاوات OTEC Plant وانجاز الدراسات الفنية والاقتصادية اللازمة لامكانية استخدامها كمولدات لمواجهة حمل الأساس (Base Load) للجزر الأمريكية والتي تعتمد حاليا على محطات حرارية تعمل بالوقود السائل . وجدير بالذكر أن البيانات المتاحة حاليا تبشر بإمكانية إنشاء محطات ذات قدرة من ٤٠٠ الى ٥٠٠ ميجاوات *

التجارب الرائدة لاقامة محطة توليد كهربائية باستخدام هذه التقنية

قام معهد أبحاث الطاقة الشمسية Solar Energy Research Institute (SERI) بتجربة ادراسة جدوى انتاج كميات مقبولة من الطاقة الكهربائية من منظومة لتحويل الطاقة الحرارية للنورة المفتوحة للتدرج الحرارى لمياه المحيطات (OC - OTEC) واختير حجم ١٦٥ لتر . كقدرة اجمالية للنظام التجريبي بهدف تقييم أداء التوربين والتفاعلات التبادلية لعملات المنظومة وبمجم مصغر يمكن استكمال (بالاستقراء او القياس extrapolated) لحجم تجارى (٥ الى ١٥ م.و. كهربى) . والأبحاث الخاصة لاستخلاص وتحويل مصدر الطاقة الحرارية للتدرج الحرارى لمياه المحيطات باستخدام النورة المفتوحة بتماته وزارة الطاقة الأمريكية فى اواخر عام ١٩٧٨ بهدف دراسة جدوى هذه التقنية لانتاج قدرة ميكانيكية/كهربية بوسائل اقتصادية .

والدراسات الأصلية التى قام بها معهد بحوث الطاقة الشمسية (SERI) كان يعمها النتائج التى خلصت اليها دراسات سابقة قامت بها:

- مدرسة المناجم بكلورادو .
- شركة وستنجهاموس .
- جامعة ماساشوسيت .

٢٢٢٢
وخلصت هذه الدراسات الى امكانية اقامة محطات - بحجم كبير Large Scale تأسيسا على هذه التقنية وبتكاليف اقتصادية بشرط أن تكون الافتراضات الرئيسية فى هذه الدراسات سارية المفعول أو صالحة Valid وفى برنامج بحثى لتطوير البيانات والطرق التحليلية لصقل وتأييد (دعم) هذه الافتراضات وضمت الخطة وتم تمويلها - بدأ من العام المالى ١٩٨٠ فى المجالات الفنية التالية :

- عمليات الانتقال المادى Mass والحرارى مياه البحر عند الضغط المنخفض .
- حركة امتصاص الغاز فى مياه البحر ووسائل التطهير Purge
- تصميم توربين الضغط المنخفض وتقنيات تحليل الأداء .
- طرق التقييم والتركيب الهيكلية والحوائية (الفراغية Vacuum)

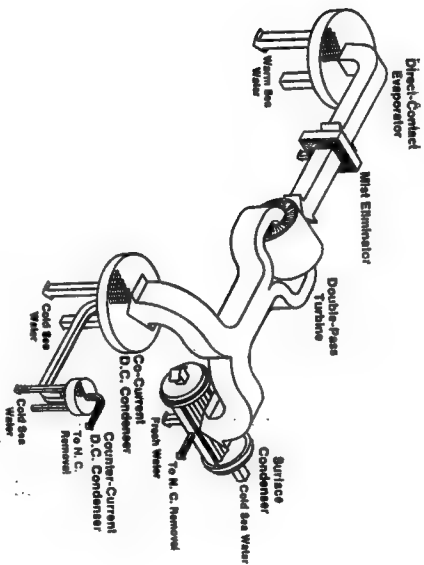
وكرس البحث - خلال الخمسة أعوام (١٩٨٥/٨٠) للحصول على بيانات يمكن أن تقوى أو تدعم التقديرات - أو الافتراضات - الخاصة بالدورة المفتوحة كما توفر قاعدة لتطوير النظام اذا ما قرر الصناعيون - أو رجال الصناعة - وتمخض هذا البحث عن بيانات فنية وطرائق كانت طبقت فى دراسة منظومة جديدة معروفة مركز الطاقة الشمسية بولاية فلوريدا والتي أظهرت أن جميع الفروض (الافتراضات) - التي استخدمت فى تقدير دراسات الجدوى المبكرة - كانت متحفظة بل أن هذه الدراسات - والخاصة بالدورة المفتوحة OC-OTEC - أظهرت قدرا كبيرا من التناقض أكثر مما كان متوقعا . والاستنتاجات التي استخلصت من البحث - وحتى تاريخه هي : -

- يمكن باستخدام تقنية الدورة المفتوحة للتدرج الحرارى لمياه المحيطات انتاج محطات بأحجام من ٥ الى ١٥ م . و . كهربى وبعجوى اقتصادية مقبولة .

- يمكن بناء أنماط أو وحدات جاهزة Modules لمحطات قوى تستخدم الدورة المفتوحة للتدرج الحرارى لمياه المحيطات فى المدى OC-OTEC ٢ الى ٥ م . و . كهربى بتقنية (عام ١٩٨٥) بقليل أو حتى بدون عمل امتداد extension لتقنية التوربين الحرج وأنبوب (ماسورة) الماء البارد Critical Turbine and Cold Water Pipe Technology

- القضية الحرجة فيما يتعلق بعجوى تقنية OC-OTEC هي آثار الربط بين انتقال المادة والحرارة - تحويل الطاقة وديناميكيات الموائع . وهذه الآثار تحدد نسبة القدرة المنتجة الى متطلبات القدرة المساعدة للنظام .

والنتائج الرئيسية لدراسة النظام تبين أن هنالك توقع لا انتاج قدرة كهربائية بتكلفة مقبولة فى أحجام المحطات الصغيرة نسبيا باستخدام عمليات OC-OTEC وهذا التوقع - أو التنبؤ - يمكن تحقيقه لأن



(شكل - ٥)

شكل توضيحي لنظام الدورة المغلقة واستخلاص مياه التذخير الجوفية بمحطة المحطات

انتاج البخار والتكاثف يمكن تحقيقه باستخدام نظم بسيطة ملمسجة Compact من نوع الانتقال الحرارى ذات الالتصاق أو اللبس المباشر والتي يمكنها أن تعمل بفاعلات هيدروليكية ضئيلة وكذلك لأن الغازات المتحللة والتي تنطلق من ماء البحر أثناء عملية التحويل يمكن تطهيرها - أو تنقيتها - بأقل قدر من القدرة المساعدة وبأقل اثر على أداء الانتقال الحرارى . ويمكن تحقيق نتائج الانتقال الحرارى هذه وكذلك الميج desorption معمليا باستخدام مياه البحر .

ويبين الشكل (٥ - ٥) وكذلك المتغيرات و (العوامل) المبينة بإيجاز في الجدول (٥ - ١) توصيفا لكل من المحطة التجريبية ومحطة قدرة ١٠ م.و. (حقيقية) تعمل في البحر (اليابسة) بتدرج حرارى قدره ٢٢ م. وعناصر التقنيّة ذات المخاطرة الكبيرة المصاحبة لمنظومة ١٠ م.و. والتي يأتي وصفها في الجدول المشار اليه - هي التوربين كبير الحجم منخفض الضغط (يبلغ قطره حوالي ١٢ متر) وأنبوب (ماسورة) المياه الباردة والكبيرة الحجم (قطرها ٢ ردم) . ولأن محطات OTEC ذات الدورة المفتوحة قد تكون اقتصادية لأحجام المحطات الصغيرة ومن ثم ليسكن إقامة محطة مكونة من عدد من الوحدات النمطية باستخدام مكونات بأحجام تجارية . وعلى الرغم من أن استخدام العديد من توربينات بخارية مزدوجة النهاية double-ended وعناقيد Clusters من مواسير مياه باردة أصغر (أو أقل حجما) يؤدي الى تكافئه أعلى من استخدام الترتيب النموذجي (أو الأفضل optimum) في كلا الحالتين إلا أن الميزة العائدة ليست بذات قيمة كبيرة تكفي لأن تحول دون تطبيق هذا المبدأ في تقنية OTEC على المستوى التجارى - فمحطة بقدرة ١٠ م.و. وتستخدم وحدات نمطية متعددة من التوربينات وبدورات rotors من مراحل الضغط المنخفض لمحطات القوى التقليدية ووحدات نمطية متعددة من مواسير البولي إيثيلين بقطر ٢٤ متر تنتشر بشكل (أو ترتيب) كائنية مقاربة inverse-Catenary تشبه للعديد من مخارج التصريف Outfalls المركبة على كل من ساحل الولايات المتحدة الأمريكية .

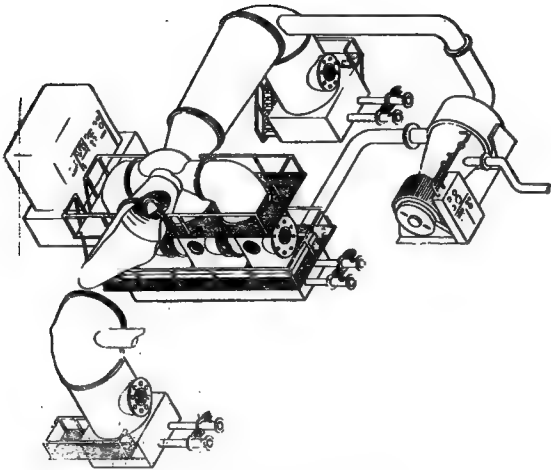
جدول (٥ - ١) : مقارنة بين إحدى تجارب الدورة المفتوحة وتصميم
معياري لحطة ٢٠م و٠

نظم القوى	النظام التجريبي	تصميم ١٠ م و٠
- التوربين (دوتود مزدوج)	١٤١	١١٨١
- القطر (متر)	١٦٥	١٣٤٠٠
- القدرة الاجمالية (ك و)		
- وعاء التفريغ		
- مساحة المبخر (متر مربع)	١٠٨	٦٨٠
- مساحة المكثف (متر مربع)	٦٨	٤٨٠
- ضواغط (كمباسات) العادم		
- عند المراحل	٣	٦
- متطلبات القدرة (ك و)	٢٩٦	١٠٧٤
- نظم مياه البحر		
- الطار الموائج - متر للمياه :		
- الدافئة	٠٧٦٢	٥٠٧
- الباردة	٠٧٦٢	٤٥٨
- التصرف	١٠٧٨	٥٢١
- اطوال الموائج - متر للمياه :		
- الدافئة	٢٥٠	٣١٥
- الباردة	١٦٧٥	٢٢٣٥
- التصرف	٥٠٠	٦١٥
- معدلات التدفق (كجم/ ثانية) للمياه :		
- الدافئة	٥٨٥	٤١٣٠٠
- الباردة	٤١٠	٢٩٥٥٠
- القدد في المنسوب البارومتري (متر)	٣٧٥	صفر
- متطلبات القدرة للضخ (ك و)	٨٦٣	٢٣١٠
- القدرة الخالصة (الصافية) - ك و	٤٩	١٠٠١٦

وحيث أن هنالك حلول متوقعة لقضايا اتاحية المكونات - الأداء -
 للتكلفة والمخاطرة الفنية والتي تمثل العوامل لمنع تطوير نظم OTEC
 ناجحة بقدرة من ٥ - ١٥ م. و حيث يمكن للبحوث توجيه الانتباه
 للعامل الرئيسى الذى لا يزال غير مؤكد (او غير معروف بدقة) لمصمى
 المحطة وهو آثار التفاعلات التبادلية والاقتران بين العمليات Process
 Coupling or interaction effects ويبين الجدول (٥ - ٢) هذه
 العمليات Geometric Parameters والمعاملات الهندسية
 والتي تؤثر فيهم . ويمكن الوصول بالأداء الترموديناميكى لمحطة دورة
 مفتوحة الى أقصى ما يمكن باختيار أفضل معاملات تشغيل Operating
 Parameters مثل معدل تدفق مياه البحر . هنالك اختياران مخالف
 لو أخذنا فى الاعتبار معاملات التكاليف والتي يتحكم فيها أشياء أخرى
 مثل الحجم والشكل الهندسى . اختيار ثالث من خلال اختيار قاعدة
 الوصول الى أفضل تكلفة للخدمة Cost of Service ثم الرابع الأخذ فى
 الاعتبار عوامل طول العمر والغامض الأخذ فى الاعتبار عوامل الصيانة .
 وكل العمليات Processes الخمسة الرئيسية تفاعل وبشكل معقد
 (مركب) مستجابة للتغير فى معاملات الشكل الهندسى ومعاملات
 التشغيل .

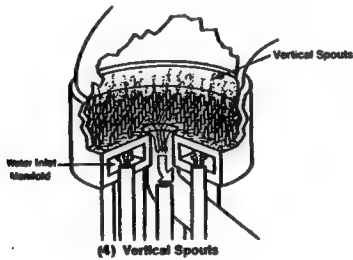
وواضح أنه لا يمكن أن نختار معاملا للتشغيل أو شكلا هندسيا
 يلقى من مكونات النظام على أى شيء من الأداء الكلى للنظام وقاعدة
 التكلفة Criteria .

هذا وجدير بالذكر فإن معدلات تدفق المياه لكل ك.و. من القدرة
 الخارجة هي أعلى - وبقدر لا بأس به - من المحطات التقليدية . وعلى
 كل - فبالإضافة الى هذا التفاعل أو الارتباط بين العمليات فتتميز
 محطات الدورة المفتوحة بالتفاعلات الأكثر تعقيدا التالية :



(شكل ٥ - ٦)

مناحر مجربة الدورة المفتوحة بقدرة ١٦٥ ك.و



(شكل ٥ - ٧)

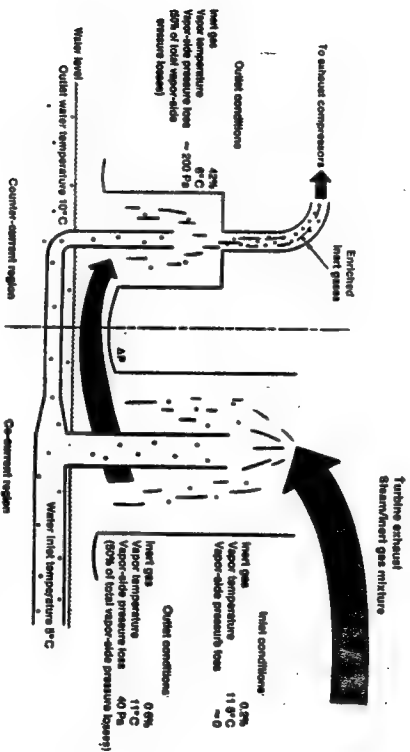
مدقق للبخار الرأسى

جدول رقم (٥ - ٢) : عمليات الدورة المفتوحة والعمليات الهندسية
التي تؤثر فيها

عمليات الدورة المفتوحة	ملاحظات النتائج
التحويل Conversion	الشكل الهندسي للتوربين ومعدل تدفق البخار
انتقال الحرارة والكتلة (الماء او البخار)	الشكل الهندسي للمبادل الحراري - تدفق كل من مياه البحر والبخار والجزء (الصغير) للغازات غير القابلة للاحتراق
ديناميكيات الناتج البخاري	الشكل الهندسي لكل من الجري Duct والمبادل الحراري وكذلك معدل تدفق البخار .
هيدروليكيات مياه البحر	الشكل الهندسي لكل من المبادل الحراري وماسورة مياه البحر وكذلك معدلات تدفق مياه البحر .
ديناميكيات التطهر من الفلز غير القابلة للتكاثف Noncondensable gas Purge dynamics	حركيات Kinetics امتصاص مياه البحر/الغاز - طريق المرور Path لعمليات مياه البحر وتصميم نظام الضغط (الكباس)

- فاقدات ضغط البخار الجانبى Steam Side Pressure Losses - فائقة التخلص من الضباب ducts - كفاءة التخلص من الضباب وكل من توزيع التدفق والشكل الهندسي للمبادلات الحرارية .
- مدى فاعلية تنقية الهواء air Purge والتي تؤثر في أداء انتقال الحرارة - متطلبات المضخات المائية وكل من تكلفة والقدرة اللازمة للضاغط (الكباس) .
- أداء التوربينات وفترة عمرها والتي تدار ببخار يحتوى على كلورين وكما يتأثران بالفائقات الديناميكية للمائع البخاري - المحتوى من الهواء . وكذلك التقلبات الحرارية لمياه البحر ومعدل تدفقها .

ويبين الشكل (٥ - ٦) الجهاز التجريبي - والذي صمم لتركيبه في معمل الطاقة الطبيعية في هاواي Natural Energy Lab. in Hawii



شكل (A - ٥)

مكثف بخار الغازات الناتجة من التوربين

(NELH) عام ١٩٧٤ • بينما ظلت أجهزة الاختبار التي أقامتها وزارة الطاقة الأمريكية NOE عليه والتي يطلق عليها Seacoast Test Facility (STF) منذ يونيو ١٩٨١ وذلك عندما أصبحت الحاجة لإقامة تسهيلات اختبارية متكاملة - وطويلة الأمد - لتدعيم صناعة YTEC وأبحاث وتطوير طاقة المحيطات • ولقد استغضت التسهيلات الاختبارية STF للقيام بأبحاث التلوث البيولوجي - التآكل - السيطرة على الكائنات الحية والاختبارات الأخرى ذات العلاقة • وحديثا استغضت لاختبار عمليات OTEC ذات الدورة المفتوحة مثل التبخير الومضي Flash Evaporation - التكاثف بالاتصال Contact Condensation ونزع الهواء من مياه البحر وانتهى العمل حديثا (عام ١٩٨٨) من رفع قدرة (سعة) ضخ مياه البحر الباردة (٥٧ م) من السعة ١٣٠٠ جالون (أمريكي) /دقيقة إلى ٦٥٠٠ جالون/دقيقة وكان هذا التصميم ليتوافق مع سعة ضخ المياه المطلوبة وتتكون من أربعة نظام رئيسية هي :

- مجموعة التوربين/مولد

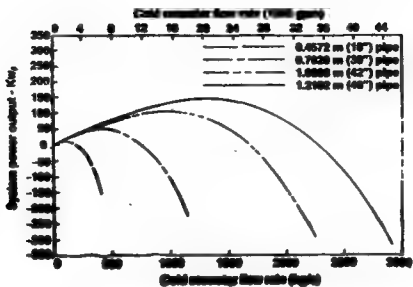
- مبخر مياه البحر

- مكثف البخار

- وحدة التنقية من الغاز

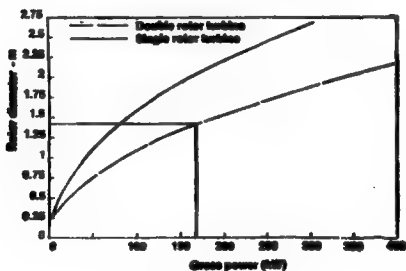
ولقد تم دراسة ثلاث من العمليات - وهي الانتقال الحراري والمادي - هيدروليكيات مياه البحر - وديناميكيات التنقية من الغازات غير القابلة للتكاثف وتفاعلاتها فيما بينها البعض •

أولا : انتقال الحرارة والمادة : لقد صمم المبخر - حسب ما هو مبين بالشكل (٥ - ٧) وهو عبارة عن حقل من المزاريب Field of Spouts الرأسية ويمثل الشكل (٥ - ٨) تصور من مرحلتين تستخدم تدفقات متلاقية أو متوافقة Concurrent في المرحلة الأولى وتدفقات غير متلاقية أو غير متوافقة في المرحلة الثانية والغنية بالهواء • ويستخدم رصة من المصفوفات A matrix Packing للتزويد باتصال ما بين السائل والبخار بنسبة حبيبية ٣ : ١ بين المرحلتين • وكان المستهدف من هذا التصميم الوصول إلى معدل للتكثيف يبلغ ٨ كجم/ثانية - ٢ م بغارق حراري داخل entering ٧ م والذي يمثل (يطابق NELH مياه البحر الباردة •



(شكل ٩ - ٥)

الأداء المتوقع لتجربة الدورة المفتوحة لاستغلال طاقة التفجج الحراري لمياه المحطات



(شكل ١٠ - ٥)

اختيار حجم التوربين لتجربة الدورة المفتوحة

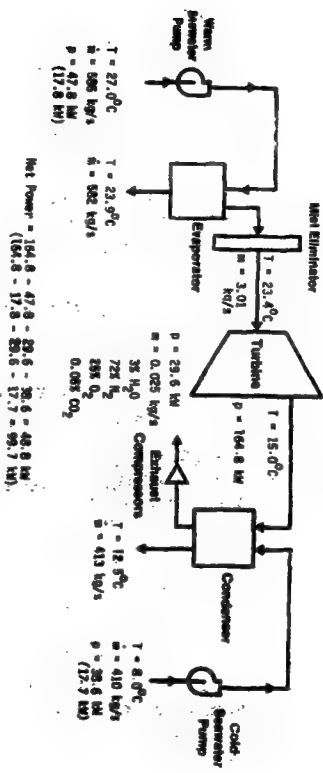
ويقسم المكثف بأثره المحتوى من الهواء للتدفق البخارى
Vapor Stream من ٥٠٪ الى ٣٥٪ ومن ثم يقلل المتطلبات الخاصة
بقدره التنقية Purge Power

ثانيا : ديناميكيات تدفق البخار : يتم الإبقاء على سرعة التدفق
داخل مجارى المنظومة أقل من ٥٠٪ م/ثانية ويوجد فقط انحناء bend
زاوية ١٨٠ فى طريق (مر) التدفق للتقليل من فاقدات الضغط
الديناميكية للمائع البخارى .

ثالثا : هيدروليكيات مياه البحر : لوحظ أن الفاقد فى الضاغط
(head) داخل كل من البخار والمكثف هو أقل من ١ متر وأقل من ٢ متر
على التوالى . أما الفاقد فى ماسورة المياه الباردة فيتوقف على قطر
الماسورة . والفاقد الهيدروليكي فى النظام على جانب التدفق البارد هو
٣٫٢ متر .

رابعا : ديناميكيات تنقية الغازات غير القابلة للتكاثف : أوضحت
التجارب أن حوالى ٩٠٪ من الغازات المتحللة فى مياه البحر يمكن إطلاقها
قبل وصول مياه البحر الى أى من البخار والمكثف . ويقوم نظام التنقية
بالتهوئة والحفاظ على التفريغ المطلوب لكل من ضغط البخار والمكثف
بمرحل متتابعة فى الضاغط (الكباس) متعدد المراحل . ومثل هذا
التصميم يقلل من التدفق خلال الضاغط Compressor منخفض
الضغط . والتزويد يبرود ما بين المراحل Interstage Cooler
من شأنه إبعاد البخار الذى ينبغي ضخه من المكثف ومن ثم تقليل
متطلبات القدرة للمكثف - الى أقل ما يمكن .

التحول الحرارى Thermal Conversion : والهدف الأول من
تصميم هذا النظام التجريبي هو أداء التوربين البخارى الذى يعمل عند
ضغط منخفض جدا وبمعدل متغير للبخار والانتالبية Enthalpy
كما أن هنالك هدف آخر لا يقل أهمية عن ذلك وهو تحليل الأداء والتحكم
فى نظام قدرة يستخدم مثل هذا الطراز من التوربينات ويؤدى عمله
بعمليات مرتبطة ارتباطا وثيقا Closely Coupled وكما هو مبين بالشكل
(٥ - ٩) فإن القدرة الخالصة الناتجة من تجربة OTEC ذات الدورة
المتفوحة بدلالة معدل تدفق المياه الباردة مع أحجام مختلفة لماسورة المياه
الباردة . من هذا الشكل نرى - مثلا - أن ماسورة قطرها ٣٠ بوصة
(٧٦ سم) تعطى ٦٥٠٠ جالون/دقيقة (أو ٤١٠ لتر/ثانية) وأغلب
الظن فإن هذا الحجم (للماسورة) قد يكون أصغر حجم يمكن أن يعطينا



Current design dictates a 3.75 m additional seawater head loss since the tank level is lower than barometric. Pumping power requirements for barometric level vacuum chambers are shown in parentheses.

(11 - 3 - 2)

المسألة 11-3-2

نسبة - ذات معنى - ما بين اجمالي gross القدرة المنتجة/وقسرة
المساعدات auxiliaries اللازمة لتشغيل المحطة . ومعدل التدفق
هذا ينتج قدرة اجمالية قدرها ١٦٥ ك . ومع متطلبات قدرة كما هو مبين
بالجدول (٥ - ١) - أى تعادل ١١٦ ك . و

وكما هو مبين بالشكل (٥ - ١٠) فان قطر التوربين اللازم لانتاج
١٦٥ ك . وهو ١٤ متر أى أنه يمثل حوالى $\frac{1}{4}$ قطر توربين الحجم الطبيعى
(٥٥ متر) . وعلى الرغم من أنه - يكاد يكون من المستحيل - تحقيق
Complete Physical Similarity تماثل طبيعى كامل
الا أن هذا المستوى من القياس يمثل حالة واقعية لا تستخدمه الصناعة -
فعلا لتكييف accomodate التماثل الترموديناميكى والميكانيكى . وعند
هذا المستوى يمكن عمل التصويبات Corrections فى مقياس الرسم
 وتمثيل كل من : -

- رقم ماخ Mach. Number للروتور

- رقم رينولد Reynold Number

- آثار الرطوبة

- التجاوب الديناميكى للريش

- مدى التثبيت لاطار القرص Disc Rim .

ويمكن وضع الموصفات السابقة للتجربة بشكل موجز كما هو
مبين بالشكل (٥ - ١١) حيث تظهر درجات الحرارة - معدلات التدفق
ومعدلات القدرة المصاحبة للمكونات الرئيسية . ومن هذا الموجز والمناقشة
المصاحبة يمكن ان نستنتج ان القدرة الفاعلة المستخلصة من المحطة لها
حساسية قوية للطلب على القدرة المساعدة (المطلوبة للمساعدات) .
واى حيلة (خروج) عن أى من القيم التصميمية سوف تؤثر فى القيم
الأخرى ومن ثم يكون لها اثر مركب على الطاقة الخارجة من المحطة .

مشاكل نقل الطاقة الكهربائية المولدة بهذه التقنية

ما زالت مشكلة نقل الطاقة الكهربائية المولدة من محطات تقدر
سعتها من ١٠٠ - ٥٠٠ ميجافوات من المشاكل الصعبة حقا والتي تتطلب
جهدا مكثفا لحلها . والتصور حاليا هو أما استخدام ارضعة يتم انشاؤها
فى قاع المحيط وتلقى عليها كابلات بحرية . أو استخدام كابلات
كهربائية معلقة باستخدام قوارب لذلك . وفى الحالة الأولى ينبغى عند

تصميم الكابيل البحري أن يؤخذ في الاعتبار القوى الديناميكية الناشئة عن الأمواج وتيارات المحيط ٠٠ الخ وذلك الى جانب القوى الاستاتيكية لوزن الكابيل تحت الماء ووزن المنشآت ٠٠٠ الخ .

وكذلك من المشاكل التي ما زالت تحتاج الى حل حاسم هي مشكلة لحام الكابلات وصيانتها عند الأعماق السحيقة . وما زالت التكنولوجيا في هذا المجال متأخرة وتحتاج الى مزيد من التطوير . وأحد البدائل المطروحة استخدام كابلات بحرية من الألمنيوم - بدلا من الرصاص - ومحاطة بطبقة البوليثلين Polythelene داخل غلاف محكم ومزودة بنظام تسليح مزدوج .

أما مستويات الجهد الكهربى الأكثر احتمالا لهذا النوع الكابلات فهو ما بين ١٣٨ كيلو فولت و ٣٤٥ كيلو فولت للتيار المتناوب أو من ٢٠٠ + الى ٥٠٠ + كيلو فولت للتيار المستمر .

ويجب الا نفوتنا هنا أن كل محطات القوى الكهربائية يلزمها دائما مصدر لبنة التشغيل مثل مولدات الديزل مثلا والتي يمكن تركيبها على رصيف المحطة أو على رصيف مساعد .

خطوات ضرورية قبل تنفيذ مشروع البنية محطة توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية لمياه المحيطات

مما لا شك فيه أن التكنولوجيا المتاحة يلزمها المزيد من التطوير حتى يمكن تنفيذ هذا المشروع . وعلى الرغم من أن البرنامج الأمريكى قد تضمن اجراء الدراسات الفنية والاقتصادية والجوانب الاجتماعية والبيئية لهذا المشروع الا أنه ينبغي ألا نفوتنا أهمية الدراسات الخاصة بتخطيط التشغيل الفنى والاقتصادى لهذه المحطات مثل : -

١ - تحديد المتطلبات والتسهيلات اللازمة في مواقع الانشاء بما فيها كذلك من لوازم شبكة نقل الطاقة الكهربائية .

٢ - دراسة التكاليف المتوقعة للصيانة وادخالها في معادلة انتاج الطاقة .

٣ - تحديد الخواص الاقتصادية اللازم اخذها في الاعتبار عند تحديد خطط التوسع في انشاء المحطات الكهربائية .

٤ - تحديد أفضل الترتيبات الممكنة لربط هذه المحطات بالشبكات الكهربائية الرئيسية .

٥ - تحديد الخصائص اللازمة لمراقبة السلوك المستقر والديناميكي للشبكات الكهربائية الرئيسية بعد ربط هذه المحطات بها .

هذا وقد قام فعلا معهد ماسوشيش للتكنولوجيا ولمدة ثلاثة اعوام باستنباط نماذج دقيقة للحاسب الالكتروني وذلك لامكانية اجراء الدراسات الفنية والاقتصادية لهذه المحطات .

الفصل السادس

طاقة جوف الأرض

- طاقة حرارة باطن الأرض هي طاقة حرارة طبيعية للأرض مصدرها الباطن المنضهر للأرض ومعظم هذه الحرارة ناتج عن انحلال decay العناصر المشعة مثل اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم والمتواجدة داخل أعماق غائرة في الأرض . كذلك نتيجة الاحتكاك العميق (السحيق) أسفل القشرة الأرضية . والينابيع الحارة والحمى الفواردة geysers هي نتاج الطاقة الحرارية في باطن الأرض (الجوفية) ويمكن للحرارة الأرضية تدفئة بل غليان المياه الجوفية والتي تصعد الى السطح على هيئة مياه ساخنة أو بخار . وفي بعض المناطق يمكننا استخدام هذا البخار مباشرة لأعمال التدفئة والتسخين داخل المنازل أو في العمليات الصناعية أو استخدامه لإدارة التوربينات لتوليد الكهرباء .

- وجدير بالذكر فإن معظم نظم تيارات الحمل convection الحرارية hydrothermal تم تشخيصها (تحديدها) بوجود ينابيع حارة عند السطح وعلى الرغم من أن بعضها وجد أثناء الحفر والتنقيب عن النفط أو الغاز أو أثناء البحث عن الظواهر الجيو - حرارية الشاذة بقياس التدرجات الحرارية في آبار holes ضحلة يتم حفرها خصيصا . والكثير من النظم الجوفية ذات الحرارة العالية تم تأكيدها من خلال حفر واحد أو أكثر من الآبار لأعماق تتراوح ما بين مئات الأمتار الى كيلو متر أو أكثر .

وكمية الطاقة في باطن الأرض - بالنسبة للنظم الجوفية عالية الحرارة (أعلى من 150°م) تم حسابها بعد تقدير كل من درجة الحرارة "t" - المساحة "d" وكثافة أو سمك خزان الحرارة الجوفى "a" أما تقديرات الحرارة فهي تأميسا على معلومات تستسقى من حفر بئر (أو أكثر) وكذلك/أو/أجهزة قياس الحرارة الجوفية الكيميائية chemical-geothermometers . أما تقديرات المساحة والسمك (الكثافة) فهي تأميسا على المعلومات المستقاة من خلال حفر بئرو و/أو

من الطبيعة الجيولوجية للسطح - توزيع الينابيع الحارة - أنماط الفوالق (Faults) الى جانب للمعلومات الجيولوجية الأخرى . ومن ثم هذه المعلومات يجرى تقدير الحرارة النوعية - الحجمية - لصخر ذى نفاذية أو مسامية ρ_c Porosity والطاقة الحرارية المختزنة q_R المحسوبة - فوق درجة الحرارة الأساس "Reference Temp. "to" (والتي تؤخذ دائما 90°F) هو :-

$$q_R = \rho_c \cdot a \cdot d \cdot (t - t_0)$$

وتوجد كميات هائلة من الطاقة الحرارية تقع أسفل سطح الأرض. بالقرب من الكثير من المناطق فى الصالم وأصبحت مهمة تسخير أو استخدام هذا المصدر الطبيعي لكى ينتج طاقة كهربائية على الرغم من ربحيتها الا أن البحث عن مصادر طبيعية يمكن استغلالها تجاريا ما زال يشكل مخاطرة مكلفة . و جدير بالذكر فان الرومان سبقوا الصالم فى استغلال هذه الطاقة الحرارية عندما استغلوها فى حماماتهم الشهيرة . ولقد قدر أحد معاهد البحوث الأمريكية الشهيرة (EPRI) أنه يمكن توليد قدرة الكهربائية تعادل ١١,٠٠٠ ميجاوات لمدة ٣٠ سنة على الأقل باستغلال هذا المصدر داخل الولايات المتحدة وحدها . وهذا الرقم - حسب تقدير المعهد المذكور يوفر حوالى ١٦٤ مليون برميل نفط سنويا . ولكن المؤشرات تبين أن هذا ربما يمكن تحقيقه عام ٢٠٠٠ ومع تحسن الظروف الاقتصادية .

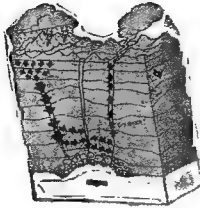
وتتمثل المشكلة الرئيسية فى استغلال طاقة حرارة باطن الأرض فى صعوبة تقييم درجة المخاطرة فى استغلال هذه المصادر الحرارية التى ما زال يكتنفها الغموض (أو التى ما زالت قابعة ولم تستكشف أو لم ترتاد بعد) . والتكلفة الكلية للكهرباء المولدة تعتمد بدرجة كبيرة على حرارة المياه والبخار النابعة من الآبار الجديدة (الحديثة) - انتاجية الآبار - والمشاكل الإضافية التى يمكن أن تنار فى حالة وجود كميات كبيرة من المعادن المتحللة أو غاز كبريتيد الهيدروجين الضار . وأخيرا فمن الصعب التنبؤ بمدى عمر البئر حتى ينضب .

الفصائل المعروفة لطاقة جوف الأرض

توجد ٤ (أربعة) أنواع أو فصائل أساسية لطاقة باطن الأرض هى :

أولا : نظم البخار الجاف Dry Steam Hydrothermal System

مثل تلك الينابيع الحارة تشمل أكثر أشكال الطاقة الجوفية وضوحا واستغلالا ولكن لسوء الحظ فهى على النقيض الأندر تواجدا .

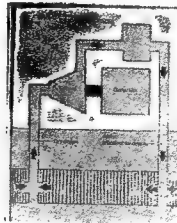


(شكل ٦ - ١)

تكون الخزانات الجوف - أرضية
حيث تتحرك الصخور المنصهرة
(الماغما) من أعماق الأرض
إلى أعلى من خلال التشققات في
القشرة الأرضية وتسخين المياه
والصخور القريبة من السطح

(شكل ٦ - ٢)

دورة البخار الجاف حيث يوصل
البخار الجاف من داخل الخزانات
الطبيعية تحت الأرض - من
خلال مواسم - إلى توربين
بخاري تقليدي لتوليد الكهرباء
ويكثف البخار إلى ماء يمسد
ثانية إلى الأرض .



فالبخار يتكون كماء المطر الذي يتسرب الى داخل الصخور ويستخن بواسطة الماجما (magma) (أو الصخور البركانية المنصهرة) وهي مادة منصهرة ترتفع من أعماق الأرض) وعندما تصل هذه المادة magma الى سطح الأرض يطلق عليها اسم Lava أو الحمم البركانية . ولقد تبين أن المناطق التي تمتاز بالطاقة الجوفية تتميز بنشاطات جيولوجية جديدة مثل البراكين والتشققات الأرضية Faultings وتواجد نظم البخار الجاف حيث تتسرب مياه الأمطار الى الصخور والتي تكون قد سخنت بواسطة الماجما- (أى الصخور المنصهرة) وتمتص بعض حرارة الصخر ثم تتجه ثانية نحو سطح الأرض من خلال الشقوق أو التشققات Cracks . وتتجمع في خزانات تحت الأرض على هيئة بخار . ويستخلص البخار الجاف منها يحفر آبار وتمرير البخار خلال توربين بخاري لتوليد الكهرباء ومن أشهر المحطات التي تستغل هذا النوع - محطة جيزارز Geysers وهي محطة تبعد ٩٠ ميلا شمال سان فرانسيسكو وقدرتها ٩٠٨ ميجاوات . وتمثل المحطة باستمرار لتغذية مدينة سا فرانسيسكو بحوالى نصف احتياجاتها من الكهرباء . وتخطط مؤسسة الباسفيك للكهرباء والغاز رفع قدرة هذه المحطة الى ٢٠٠٠ ميجاوات خلا التسمينيات من هذا القرن .

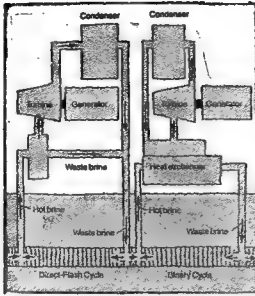
ويعتبر نظام البخار الجاف أبسط وأرخص أشكال الطاقة الجوفية التي يمكن تسخيرها أو استغلالها ولكن لسوء الحظ فهي نادرة ولا تمثل سوى ٠.٥٪ من مصادر الطاقة الجوفية بالولايات المتحدة . ولعل أشهر مصادر هذا النظام يقع في إيطاليا واليابان والمكسيك وفي ٣ مواقع فقط داخل الولايات المتحدة .

ثانيا : نظم الماء الساخن (الحار)

Hot Water Hydrothermal System

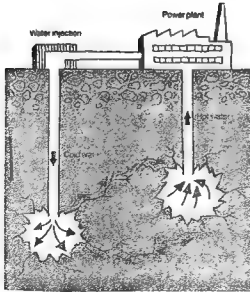
وتمثل هذه ١٠٪ من المصادر الجوفية بالولايات المتحدة الأمريكية . وتوليد الكهرباء باستخدام المياه يعتبر لحد ما أكثر تعقيدا منه باستخدام البخار . والكثير من أبحاث اليوم تتركز على تحسين توليد الطاقة الكهربائية من الماء الساخن . فمشاكل المركبات المعدنية المتحللة والتي تكون قشرة صدأية داخل المواسير هي أكثر وضوحا في حالة المياه الحارة عنها في حالة البخار هنالك مشكلة أخرى وهي مشكلة الرائحة الكريهة الصادرة من غاز كبريتور الهيدروجين في حالة عدم معالجته جيدا .

ونظم المياه الحارة تبلغ عشرين ضعف نظم البخار الجاف . وتقدر الطاقة الكهربائية الناتجة من هذا النظام عام ٢٠٠٠ بحوالى ٨٥٪ من اجمالى الطاقة الكهربائية المولدة من المصادر الجوفية كلها .



(شكل ٦ - ٣)

دورة الماء الساخن • في دورة الوميض للباشرة
يخفف الضغط فجأة عن المحلول الملحي الساخن
لينتج بخار والذي ينقسي ثم يدخل توربين
بخاري تقليدي لتوليد الكهرباء • وفي الدورة
الثانوية تنتقل حرارة المحلول الملحي - من
خلال مبادل حراري - الى مائع ثاني والذي
يتحول الى بخار لادارة التوربين •



(شكل ٦ - ٤)

النظام البينوحراري حيث يتمدد البخار
الساخن ويحقن الماء البارد من خلال ماسورة
توليد فيسخن البخار الماء وهذا الأخير
يستخدم في دورة معيارية لاستخلاص طاقة
جوف الأرض لتوليد الكهرباء •

وتحدث (تتواجد) هذه النظم حيث تتكون جيوب من الماجما (الصخور المنصهرة) قريبة من سطح الأرض . ومن ثم تنقل حرارة مكثفة intense (ضخمة) الى طبقات الصخور التي تملؤها وتنقل الحرارة الى المياه المحبوسة داخل طبقات هذه الصخور ولا تتحول هذه المياه الى بخار نظرا لوجودها تحت ضغط عال (نسبيا) حتى عند درجات أعلى كثيرا من درجة غليان الماء العادية (١٠٠ مئوية) . ولقد ثبت أن دورة Flash (الوميض أو البريق) المباشرة أنها تقنية عملية لتوليد الكهرباء من نظم المياه الحارة لدرجات أعلى من ٢١٠ مشوية (٤١٠ فهرنهايت) ويخفض الضغط على نظام المياه الحارة والمياه الجوفية تندفق تلقائيا الى فوهة أو أعلى البئر دون ضخ . وفي العملية تغلي المياه وتبخر ويستخدم البخار الناتج لإدارة توربين تجارى لتوليد الكهرباء .

وتعتبر الآلة المكونة من توربين - فاصل دوارة Rotary Separator هي آلة جديدة لرفع كفاءة دورة الوميض flash المباشرة باستخدام كل من البخار والماء الحار الوارد من فوهة أو أعلى البئر وتقوم اسطوانة drum دوارة بفصل البخار عن الماء الحار بفعل القوة الطاردة المركزية حيث يطرد الماء الحار خارجا وتتجمع المياه على محيط الاسطوانة drum ويسحب البخار حيث يمر خلال مواسير الى التوربين البخارى . ويرسل الماء الحار خلال توربين سواقل خاص Liquid Turbine ثم يعاد حقن كل من المياه والبخار المتكاثف الى الأرض .

وتقنية الوميض Flash المباشر غير اقتصادية بالنسبة للمياه فى درجات الحرارة المتوسطة (١٥٠° الى ٢٠٠° مئوية) . وحيث أن كمية المياه - من هذا المستوى الحرارى - تمثل حوالى نصف مصادر الطاقة الجوفية لذا كان تطوير هذه التقنية ذى أولية متقدمة الا أنه يبدو أن الدورة الثنائية Binary Cycle ستكون الحل لذلك . وهذه الدورة تنقل الحرارة من المياه الجوفية الحارة الى مائع ثان (وسيط) والذي قد يكون أيزوبوتين Isobutane أو الفريون والتي لها درجة غليان أقل . وخلال تحريك المياه الحارة فى دائرة مغلقة خلال مواسير ذات سمك رفيع (رفيعة الجدران) فانها تنقل حرارتها الى مائع ثان والذي يدور بدوره فى دائرة مغلقة أخرى تحيط بمواسير المياه . ونظرا لدرجة غليان المائع المنخفضة (نسبيا) فانه يتبخر ويستخدم هذا البخار لإدارة توربين لتوليد الكهرباء . ويعاد حقن المياه الى الأرض لاكمال الدورة خلال الحزان الأرضى . والدورة الثنائية لها ميزة هامة بالنسبة لطريقة الوميض المباشرة وهي أنها تستخدم كمية أقل من المياه الحارة لتوليد نفس القدر

من الطاقة الكهربائية • وهذه الميزة من شأنها خفض التكاليف علاوة على ترشيد مصدر هذه الطاقة • وتقنية الدورة الثنائية دخلت حاليا مرحلة الانتاج التجارى •

ثالثا : نظم المياه المضغوط Geopressed System وهي تحتوى كذلك على مياه حارة ولكنها دائما بدرجة حرارة اقل من النظم الحرارية المسار اليها عالية • وهذه النظم تحدث حيث « تحبس trapped المياه فى الرمال تحت طبقات من قشرة غير مسامية وتسخن بالتوصيل (بالحرارة الموصلة) من الصخور التى أسفلها ومثل هذه الخزانات تقع تحت ضغط عال جدا وتحتوى على الميثان المحلل والذي يمكن أن يكون هو الآخر مصدر للطاقة لو أمكن استغلالها بطريقة اقتصادية •

وهذه النظم تمثل كذلك حوالى ١٠٪ من الطاقة الجوفية فى الولايات المتحدة الأمريكية الا أنه لم تثبت بعد جدواها الاقتصادية •

وهذه النظم - والتى يقع معظمها فى الولايات المتحدة - على ساحل الخليج فى كل من تكساس ولويزيانا وتمثل حوالى ١٠٪ من اجمالى مصادر الطاقة الجوفية • وفى هذه النظم تسخن المياه المالحة بالماجما (الصخور المنصهرة) أسفلها وتحبس فى الرمال بين طبقات غير مسامية ، وأحجار الشييل Shale تحت ضغط عال جدا • والماء المالح - فى حد ذاته - ليس حارا بالدرجة التى يستحق من أجلها حفر آبار لاستخراجه ولكنه يحتوى على غاز الميثان المحلل (وهو المكون الأساسى فى الغاز الطبيعى) • ويجرى العلماء حاليا الأبحاث لاستنباط توليفة من العمليات لاستخراج كل من الميثان والطاقة الحرارية لتوليد الكهرباء • والتطور المستقبلى لنظم المياه الجوفية المضغوطة يعتمد على العوامل الاقتصادية أكثر من العوامل الفنية •

فتقنيات الحفر والاستخراج متاحة الا أن الحفر مكلف جدا حيث أن أعماق مناطق هذه النظم تتراوح ما بين ١٥٠٠ الى ٦٠٠٠ متر تحت سطح الأرض علاوة على الضغط المالى جدا (الفائق) •

رابعا : النظم البترو - حرارية Petrothermal System
حيث تسخن الصخور المتبلورة (البلورية) نتيجة التلامس مع الماجما magma (المادة المنصهرة التى تأتى من الأعماق السحيقة للأرض) الواقعة نسبيا بالقرب من السطح وهي تمثل حوالى ٢٨٪ من مصادر الطاقة الجوفية التى يمكن استغلالها لتوليد الكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية •

وقد يأتي يوم يكون فيه من الممكن حقن الماء مباشرة الى مثل هذه المادة النارية أو البركانية واسترداد البخار الذي يتكون . ولكن قبل امكن استخلاص الطاقة عمليا ينبغي أن نتعلم الكثير عن الخواص الديناميك حرارية والميكانيكية لهذه النظم كذلك عن طبيعة انتقال الحرارة داخل أعماق الأرض . علاوة على ذلك لابد من الحاجة الى تكنولوجيا جديدة قبل أن يصبح أى من هذه النظم ذى جدوى على النطاق التجارى .

والطاقة البتروحرارية هي أكثر النظم وفرة فهي تمثل أكثر من ٧٠٪ من اجمالي الطاقة الجوفية الا انها - وللأسف الشديد (لسوء الحظ) - أقلها من حيث امكانية الاستغلال وهذا النظام يتواجد عند رفع الماجما (الصخور المنصهرة) بفعل البراكين النشطة - قرب سطح الأرض - أو بتحريك القشرة الأرضية وتنقل الماجما الحرارة الى الصخور المحيطة . واحد الطرق لاستخلاص الطاقة الحرارية من الصخور الساخنة والجافة هي بحفر زوج من الآبار حتى قاع الصخور وتغلق منظومة من الكسور أو التصدعات Fractures داخل الصخور بين الآبار من خلال دفع ماء يارد خلال هذه الآبار . وتسخن المياه خلال تدفقها خلال شبكة الكسور أو التصدعات ثم تحبس داخل البئر الثاني وتضخ ثانية الى السطح . ولقد بينت الاختبارات الأولية جدوى هذه الطريقة فنيا الا أنه ما زال الكثير لنعرفه عن النظم البتروحرارية قبل تعميم استخدامها فعل صيبل المثال كيف يكون سلوك صخر مثل الجرانيت عند درجات الحرارة والضغط العالية ؟ وكيف تكون سرعة توصيل الصخر للحرارة الى الشروخ Cracks حيث تسخن المياه ؟ كذلك فإن التكلفة عنصر لا ينبغي اغفاله فحفر بئرين داخل الصخور القاسية لهو باهظ التكلفة وعليه لابد أن تكون الطاقة التي سوف تستخلص بالحجم الذي يستحق ذلك .

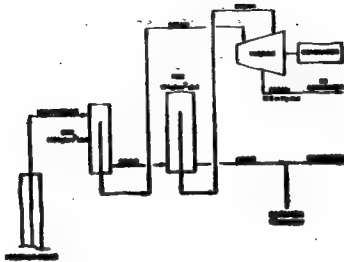
مشاكل الاستمادة من نظم طاقة جوف الأرض

بنظرة للنظم الأربعة مجتمعة - بغض النظر عن حدود التكنولوجيا الحالية أو الجاذبية الاقتصادية فإن الأربعة أنواع من الطقة الجوفية تمثل مصدرا طبيعيا رئيسيا (هاما) للطاقة في بعض البلاد مثل الولايات المتحدة . وإذا أمكن استخلاصها جميعا فإن القدرة الناتجة يمكن أن تمثل اسهاما كبيرا في احتياجات هذه البلاد . ويدور البحث حاليا نحو تطوير هذا المصدر الهائل ليكون متاحا بتكلفة منافسة .

وتعتبر مشكلة الأملاح والمعادن المتحللة والترسبة إحدى المشاكل التي تشترك فيها كل محطات الطاقة الجوفية . فالمياه الجوفية في أغلب الأحيان - تحوى على أملاح وبعض هذه الأملاح يمكن أن يتسبب في تآكل المواسير والمهاتم الأخرى . أما المعادن فيمكن أن تسبب في مشاكل أكبر فهي تنفصل أثناء العملية وتسد المواسير بطبقات من الصدا .

وفي سبيل حل هذه المشاكل صمم العديد من برامج الحاسبات الالكترونية لمحاكاة التركيب الكيميائي للمياه الحارة والبخار عند مواقع محددة (معينة) ومعدلات تكوين الترسبات من المعادن لهذه المواقع . ومن هذه البيانات سوف يتمكن المهندسون من اعداد أفضل التوصيات للمهاتم وبرامج الصيانة للسيطرة على ظاهرة تكون الصدا والتآكل . وفي نفس الوقت هنالك حلول - قصيرة المدى - تساعد على التقليل من حجم المشكلة فبإضافة كيماويات معينة (مركبات كيماوية معينة) الى المياه تمكن من منع بعض الترسبات لبعض المعادن . كما أن تخفيض درجة حرارة وضغط المياه تمريجيا تساعد في السيطرة على ترسبات المعادن .

هنالك مشكلة أخرى وهي المنتجات الثانوية من الغازات فعدم التوربين - مسواه في حالة البخار الطبيعي أو البخار المولد من عملية الوميض المباشرة - يمكن أن تحتوى على غازاته غير مرغوب فيها . ولعل أكثرها شيوعا غاز كبريتيد الهيدروجين ذى الرائحة الكريهة حتى لو كان بتركيز بسيط وقد يصل الى درجة الغاز السام لو كان بتركيز عال . ومما يذكر أن هذا الغاز يتواجد بنسبة تتراوح من ٢٠٪ - ٢٥٪ في كل نظم مصادر الطاقة الجوفية وأحد الحلول لهذه المشكلة بالتخلص من الغاز قبل دخول البخار الى محطة توليد الكهرباء . فالبخار التادم من الأرض بتكاثف (ومن ثم يتحول الى ماء) بينما الغازات غير المتكاثفة - مع كميات صغيرة من البخار - تأخذ طريقها الى أعلى ويتم التخلص منها بحرقها (أى حقن البخار الملوث بهذا الغاز) ثانية الى الأرض (وقد يمكن استنباط طريقة اقتصادية لاستخلاص الكبريت من هذا البخار الملوث) ولا تزال المياه المكثفة بدرجة عالية تكفى للغليان مكونة بخارا نظيفا يستخدم لإدارة توربين لتوليد الكهرباء - وهذا النظام ذى كفاءة طيبة جدا ونسبة الفاقد في القدرة صغير .



(شكل ٦ - ٦)

رسم توضيحي لتصميم محطة استخلاص طاقة جوف الأرض في « كيويوتو »



(شكل ٦ - ٧)

مقارنة بين خصائص المحطات التشغيلية أو التجريبية لمصادر الطاقة
في التكلفة عالية المنفعة

تطويع طاقة جوف الأرض لتوليد الكهرباء

تعتبر وحدات استخلاص الحرارة من باطن الأرض واستغلالها في توليد الكهرباء بمحطة ماموث Mammoth - وهي قريبة من بحيرات ماموث بولاية كاليفورنيا الأمريكية - أول محطة نمطية Modular في العالم - تبرد بالهواء (تم تشغيلها في نوفمبر ١٩٨٤) وما زالت تولد الكهرباء بدرجة اتاحية تزيد عن ٩٠٪ ويتكون النظام من ٤ آبار للانساج - ٣ آبار حقن Injection ومحطتان متماثلتان يملآن بالدورة الثنائية Two Identical Binary Power Plants سعة كل منها - على مدار العام - ٣٥٠٠ ك.و. (باستبعاد طاقة الضخ من الآبار) . أما مصدر الحرارة الجوفية - أو المكنن Reservoir فهو عبارة عن مصدر ذي درجة ملوحة منخفضة (١٥٠٠ ب.ب. PPM) ذي درجة حرارة متوسطة ويستخرج الماء الحار (الساخن) باستخدام مضخات متعددة المراحل - وتحت ضغط كاف - لمنع تكون الأصداء .

ويستخدم التبريد بالهواء (الهوائي) للتخلص من الحرارة الى الجو atmosphere وتكون النتيجة أنه لا انبعاث هوائي أو مائي من أي من مصدر الحرارة الجوفية أو من المحطات .

وفي مدينة « كيروپريتو Cerro-Prieto بالمكسيك » محطة توليد كهرباء باستخدام طاقة الحرارة الجوفية صنعتها - في مرحلتها الأولى ١٨٠ م.و. وتم حديثا بناء توسع لها سعة ٤٤٠ م.و. - ويفصل خليط البخار والمحلول الملحي brine الناتج من بشر الانتاج - باستخدام وحدات ميكلون ذات مخارج سفلى Bottom-Outlet-Cyclones (BOC) عند ضغط ١٠ كجم/سم^٢ . ويرسل بخار الضغط العالي الى مدخل الضغط العالي لتوربين مزدوج المدخل أما المحلول الملحي فيتم اجراء عملية الوميض له ثانية حيث يفصل البخار عن المحلول الملحي عند ضغط ٣ كجم/سم^٢ . ويرسل هذا البخار الى مدخل الضغط المنخفض للتوربين البخاري (شكل ٦ - ٦) ويكثف البخار العادم حيث يستخدم لتغذية مياه التبريد لأبراج التبريد .

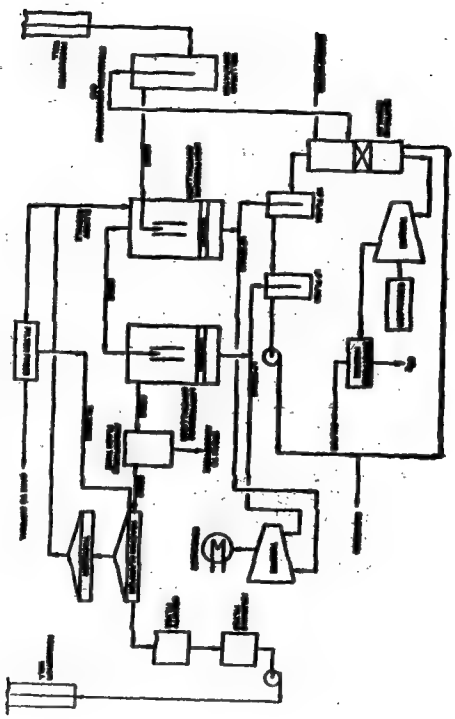
وجدير بالذكر فان معهد EPRI قام بتحليل ٢٤٠ دورة قدرة Power Cycles لتحديد أفضل - أو على الأقل ما يقرب من الأفضل - الدورات لمحطات القوى القائمة على آبار استخراج الحرارة الجوفية على مدى واسع من درجات الحرارة . ولقد شملت النوبات التي تم تحليلها على مدى يتراوح من ٢٠٠ حتى ٦٠٠ درجة فهرنهايت وخلصت نتائج

البحوث الى تحديد عدد صغير (قليل) من الموائع العاملة والتي يمكن ان تعطى كفاءة استخدام - قريبة من المثل - معبرا عنها وات ساعة من صفات الكهرياء المنتجة/ لكل رطل من الموائع الخارجة من البشر وهذه هي :

- ١ - الفريون R-12 للمدى ٢٥٠ ← ٣٥٠ درجة فهرنهايت
- ٢ - ايزوبوتين Isobutane للمدى ٣٢٥ ← ٤٢٥ درجة فهرنهايت
- ٣ - الخليط - ٢ (٧٠٪ ايزوبوتين Isobutane ، ٣٠٪ ايزوبنتين Isopentane) للمدى ٣٥٠ ← ٤٥٠ درجة فهرنهايت *
- ٤ - سيكلونتين Cyclopentane للمدى ٤٥٠ ← ٦٠٠ درجة فهرنهايت *

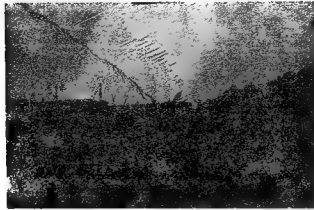
مستقبل تقنية استخلاص طاقة جوف الأرض

طاقة حرارة الأرض الجوفية هي واحدة من مصادر الطاقة المتعددة والتي يمكن أن تساهم في ملء الثغرة بين المصادر الناضبة والطلب المتزايد على أنواع الوقود الحفري . وإمكانية نقصان المحتوى الحراري تمثل مشكلة حقيقة فعلا ولكن ينبغي أن نذكر أن طاقة حرارة الأرض الجوفية هي مصدر متجدد للطاقة بمعنى أنه لا ينضب اذا لم يستخدم (يستغل) بمعدل أسرع من المعدل الذي تجده - طبيعيا - العمليات الأرضية (داخل الأرض) Earth's Processes وتعتبر حرارة الأرض نسبيا - مصدرا نظيفاً ويعتمد عليه . ويزيادة المعرفة عنه وبالتفهم التكنولوجي تصبح عملية استغلالها أكثر اقتصادا . وبالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية - مثلاً - فإن هذه المصادر تقع تحت أرض منظم الولايات . وحتى عام ١٩٨٤ فإن اجمالي القدرة المولدة من هذه المصادر - في الولايات المتحدة تبلغ ٩٤٠ ميجاوات ويتوقع تضاعف هذا الرقم في أوائل التسعينيات ويصل الى ١٦٠٠٠ ميجاوات (١٦ تيراوات) عام ٢٠٠٠ يمكن أن تعمل لفترة أطول من ٣٠ عام علاوة على ذلك فلقد أمكن رصد مصادر لهذه الطاقة باجمالي سعة ٢٤٠٠٠ ميجاوات يمكن أن تغذي بالطاقة لمدة تزيد عن ٣٠ عام ١١٠٠٠ .



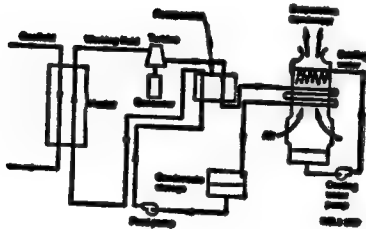
(شكل ٩ - أ)

تصميم راعي (حثي) لمحة استيعابي طاقه جوف الارض بمنطقة و سائر



(شكل ٦ - ٩)

منظر خارجي لأصنم مشروع لاستغلال طاقة جوف الأرض
بشمال ولاية تاليفورنيا الأمريكية حيث تم حفر ٢٠٠ متر وإقامة
١٧ محطة لتوليد الكهرباء اجمال قدراتها ١٢٥٠ م. و .



(شكل ٦ - ١٠)

دورة استغلال جوف الأرض الثنائية مع استرداد (استرجاع) عام
التوربين وباستخدام مانع من غاز الايزوبرين .

شرح لبعض المصطلحات التي وردت بهذا الفصل

- دورة الوميض المباشرة Direct Flash Cycle : هي تقنية استست على انتاج البخار الجوفى بفضض الضفط على الماء الحار الى نقطة أقل من التي يقل عندها الماء . والبخار الناتج يفسكن استصفاده لادارة توربين لتوليد الكهرياء .

- التوربين ذى اللاصل الدوار Rotary Sparator Turbine
وهى آلة تستصفم اسطوانة drum دوارة وتوربين مائى لفصل البخار عن الماء الحار حتى يفسكن استصفم كلاهما لتوليد الكهرياء .

- مصفات الدورة الثنائية Binary Cycle Power Plants
هى دورة من مرحلتين (طورين) فى الأولى يتم نقل الحرارة من ماء خارج من باطن الأرض وبار (صافن) بدرجة متوسطة الى مائع Fluid فان له درجة غليان أقل . وعند غليان هذا المائع الثانى فان البخار الناتج يفسدد ويدير (يحرك) توربين بخارى الذى يدير مولدا كهريائيا لتوليد طاقة كهريائية .

الفصل السابع

Biomass الكتلة الحيوية

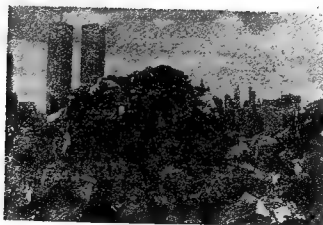
« متى لا تكون النفايات والمخلفات حقا نفايات ومخلفات ؟ » سؤال قد يثير بعض المشقة لأول وهلة . ولكن مع ذلك يمكن الاجابة عليه ببساطة تأمة ٠٠٠ وهذه الاجابة هي « عندما تحتوى على مادة عضوية كافية أو كتلة حيوية لتوليد الطاقة » .

وسواء كانت تلك النفايات صلبة أو ماء صناعي فائض أو مخلفات زراعية أو سمادا من الحطائر فإنه بالإمكان معالجة الكثير من هذه المواد باستخدام « التخمر البكتيري » أو « الاحتراق الحراري » أو تحلل الكائنات الحية المجهرية . ويغطي كل أسلوب منتجاته الخاصة به مثل الميثان (وهو مركب رئيسي لغاز هواقه الطهي) والكحول والبخار (المولد من الميثان) وبدل ألخت الطحلي وعلف الحيوانات والأسمدة الكيماوية السائلة . وتساعد أساليب تحويل الكتل الحيوية هذه أيضا على حل مشاكل بيئية معينة .

ومع تزايد السكان في جميع أنحاء العالم وزيادة الفضلات - بجميع أنواعها - أصبح التخلص من هذه النفايات أمرا ملحا في كل المجتمعات وكانت الوسيلة الرئيسية هي حرق هذه الفضلات وفلا تلاحظ ذلك وبشكل متزايد في التجمعات السكانية في كل مكان في العالم وكان من المنطقي جدا الاستفادة من هذه النفايات في نواحي متعددة منها الأسمدة الزراعية وتوليد الطاقة وغير ذلك من الأهداف الاقتصادية . ولكن يتبقى التحدي الكبير ألا هو التلوث البيئي .

وفي الولايات المتحدة الأمريكية - وهي قمة العالم الراسمالي والاستهلاكي ومن ثم فمعدل الفضلات المتخلفة موزعة على كل فرد هو أعلى معدل في العالم (معدل الفرد من المخلفات الصلبة يبلغ حوالي ٣ كجم يوميا) دون شك حتى أصبح التخلص من هذه النفايات مشكلة قومية !! ولعل أبلغ تمبير غما وصلت اليه أزمة التخلص من النفايات أزمة السفينة الإيطالية التي أخذت تجوب شواطئ البحر الأبيض المتوسط في أغسطس

١٩٨٨. لمحاولة افراغ حمولتها من المخلفات الكيماوية وتلك المأصاة البائسة - والتي حدثت عام ١٩٨٧ - للصنديل المائم « موبرو » وهو صنديل (سفينة) لجميع النفايات من « لونج آيلاند بنيويورك » والتي كانت تجوب الساحل الشرقى لتجمع وتقوم بتكويم النفايات وانقلبت أخيرا بحمولتها فى البحر . والولايات المتحدة وحدها عليها أن تتخلص من ٤٠٠.٠٠٠ طن يوميا من النفايات وحيث أن ساحات دفن النفايات المتاحة قد تشبعت بما فيها وأصبح الحصول على ساحات جديدة مشكلة عويصة لذلك يتزايد حرق المجتمعات - يوما بعد يوم - على الرغم من قوانين البيئة والتي توجب بناء محطات صغيرة (وحدات) لحرق هذه النفايات وتحويلها الى طاقة . وسرعان ما تحولت هذه العملية - والتي قد تبدو لبعض منا عملا بسيطا - الى مجال كبير لنشاط رجال الأعمال الأمريكيين حتى وصل عدد محطات حرق القمامة فى الولايات المتحدة الى ٦٠٠ محطة فى الخلطة أو تحت الانشاء حتى عام ١٩٨٨ وسمة كل من أكبر من ٤٠ طن فى اليوم (ربما ٦٠٪ أو أكثر) بتوليد الطاقة الكهربائية وتغذيتها الى الشبكة الكهربائية المحلية .



(شكل ٧ - ١)

حرق القمامة - عليه يمكن أن تسهم فى حل مشاكل البيئة
الطاقة

الكتلة الحيوية واستخداماتها

تشمل الكتلة الحيوية كل من النباتات - الأسمدة - والنفايات (الفضلات) المادية . ويمكن تجهيز خامة (أو مخزون) الكتلة الحية المغذاة Biomass Feedstocks وتحويلها الى وقود سائل - غازى - أو صلب . ويعتبر الايثانول Ethanol واحداً من أفضل أنواع الوقود المستخلصة من الكتلة الحية وهو يستنبط (يستخرج) من محاصيل الذرة والمحاصيل السكرية . ويمكن خلط (مزج) الايثانول مع الجازولين لانتاج « الجازوهول Gasohol » وتجرى التجارب باستمرار لاجاج وسائل اقتصادية لاستخدام الكتلة الحية فى توليد الكهرباء . وأحد هذه الطرق - على سبيل المثال - بحجز غاز الميثان المنطلق من المواد النباتية الذابلة decaying وكذلك المخلفات الحيوانية . واستخدام هذا الغاز كوقود فى الغلايات البخارية .

هنالك تجارب أخرى - والتي تستهدف توليد الكهرباء من الكتلة الحية - تشمل عملية محكمة (مسيطر عليها) لحصاد الأشجار أو النباتات الأخرى بهدف انتاج وقود للغلايات الا أن المساحات الواسعة المطلوبة لانتاج كميات معقولة من الوقود تعتبر إحدى المشاكل والمواقف فى سبيل ذلك . فعلى سبيل المثال نحتاج الى حوالى ١٣٠٠٠٠ (مائة وثلاثين ألف) كيلو متر مربع من الأرض لزراعة قصب السكر الذى يكفى لانتاج الوقود اللازم لتشغيل محطة كهرباء بخارية قدرتها ١٠٠ (مائة) ميجاوات !!

هنالك حل أفضل من وجهة النظر العملية - وهو الاستخدام المشترك أو اقتسام منتجات الغابات ما بين الصناعة والكهرباء . فمثلا تستخدم الصناعة (صناعة الورق على سبيل المثال) ما تحتاجه فقط من الأشجار وتقضى ما تستغنى عنه بعد ذلك الى محطات الكهرباء لحرقه وتود أن نذكر هنا أن إحدى مؤسسات الكهرباء بمنطقة السهول العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية تقوم بعمل تجارب لحرق الخلاف الخارجى لزهرة عباد الشمس فى داخل غلاية مصممة أصلا لحرق القمح لتوليد الكهرباء .

ويمكن حرق الأخشاب مباشرة داخل الغلايات أو بتفكيكها أو تحويلها الى وقود غازى يمكن حرقه داخل غلايات صناعية كبديل عن الغاز الطبيعى أو المازوت . ويمكن تحويل الأخشاب الى وقود سائل كذلك يشبه النفط الا أن عملية التجهيز اللازمة لذلك (لتحويله الى وقود

سائل) أكثر تعقيدا . وعلى الرغم من أن العديد من مؤسسات الكهرباء الصنيرة استخدمت الخشب بنجاح كوقود أولى لتوليد الكهرباء منذ فترة طويلة إلا أن استغلالها فى المحطات الكبيرة ما زال فى مراحل التجريب .

والنفايا - أو الفضلات - المستخدمة كمصدر للوقود يمكن أن تحل فى نفس الوقت مشكلتين هما توليد الطاقة الكهربائية وكذلك التخلص من هذه النفايا . إلا أن التكلفة الباهظة لجميع هذه النفايا هو أحد المشاكل الكبيرة .

وحقا ما يقول الباحثون والمهتمون بشئون الطاقة عن « أنه يمكن للصناعة أن تلعب دورا هاما فى ترشيد الطاقة من خلال حرق المخلفات من الكتل الحيوية الناتجة أثناء عملياتها التشغيلية » . مثال آخر هو استخدام القوائد فى الأسماك والفضلات الأدمية فى توليد غاز الميثان للاستعمال فى المطابخ المنزلية أو فى تلالجة تعمل بالغاز لحفظ السمك لحين نقله علاوة على استخدام هذه المخلفات فى إنتاج السماد البلدى . ويمكن استخدام هذه المخلفات اما مركزيا لتزويد مجمع سكنى بالغاز أو فرديا على مستوى الوحدة السكنية المستقلة فى القرى . كما يمكن استغلال الفضلات الصلبة فى معالجة الأسمدة الطبيعية .

وبلغة الأرقام يمكن أن نقول بالنسبة لاستخدامات الكتلة الحيوية ما على :-

- استخدامات الطهى وتسخين المياه للأغراض المنزلية . فمثلا باستخدام حيز حجمه ١٥ متر مكعب للحرق يكفى لتوليد ٣ × ١٠١٠ جول سنويا لأعمال الطهى وتسخين المياه اللازمة لمنزل قروى عادى .

- توليد الكهرباء بالحرق المباشر . ويمكن استغلال المخلفات بكل أشكالها (الصلبة - السائلة أو الغازية) ويمكن - على سبيل المثال أن يكفى مجمع سمته ٦٠٠٠ طن/يوم من المخلفات الصلبة تشفيل محطة قدرتها - فى المتوسط ١٠٠ ميجاوات .

- إنتاج غاز ذى قيمة حرارية عالية من الفضلات الصلبة علاوة على إنتاج أسمدة ووسائل معالجة التربة . فعلى سبيل المثال يمكن بحرق ١٠٠٠ طن يوميا من المخلفات الصلبة إنتاج غازات بقيمة حرارية تبلغ حوالى ١٢١٠ × ١٣٦ جول يوميا (تماثل الطاقة المستخلصة من حوالى ٣٠ طن نفط مكافئ يوميا) علاوة على ٤٠٠ طن يوميا من الأسمدة ووسائل معالجة التربة .

تقنيات حرق النفايات (المخلفات)

تستخدم محطات حرق النفايات تقنيتين رئيسيتين هما :

– الوقود المستنبط من النفايات (RDF) — Refuse-Derived Fuel
والتيير للتصجب هنا أنه — وبينما باستخدام الوسائل المشار إليها

– الحريق الكمي للنفايات ذو: Mass Burn of Unsorted Garbage
وهناك فصيلة ثالثة والتي تسمى « الحارقات النمطية »
Modular Incinerator والتي تتضمن وحدات حرق كمية mass
صغيرة لخدمة — على سبيل المثال — المستشفيات والمصانع الصغيرة .

وتحرق « حارقات الوقود المستنبط من النفايات RDF » الفضلات
والتي يسبق علاجها لتصبح بشكل « كريات Pellets » ذات شكل
منتظم فيمد فرزها جيدا من خلال شبكات screens — فاصلات
separators مغناطيسية علاوة على الأيدي البشرية ثم بعد ذلك تشكيل
على هيئة كريات ثم تجفف بعد ذلك إما أن تحرق هذه الكريات في الموقع
أو يتم بيعها لمؤسسات أخرى لاستخدامها كوقود اضافي . وكما يذكر
أحد المتخصصين بإحدى كبريات شركات صناعة الغلايات في العالم
(شركة كومبسش انجنيرنج) أن تقنية (RDF) تلائم بشكل أفضل
من تقنية الحرق الكمي حيث تفرز المعادن والمواد الرائجة Marketable
وتستبعد وذلك قبل عملية الحريق هناك كذلك ميزة عامة في تقنية
RDF وهي كلما قلت (صفرت) المساحة السطحية للكريات
Pellets كلما احتاجت عملية الحريق الى قدر من الهواء أقل . ومن ثم
حجم أصغر للغلايات .

وحيث أن الغبار المتطاير والذي يحيط بعملية طحن المخلفات (النفايات)
كما هو الحال في الهري البرجية (ذات المصعد) grain elevators
المستخدمة لآزن الحبوب — مما قد يؤدي الى جو قابل للانفجار حتى
الشرارات Sparks والناتجة من احتكاكات الواحين يمكن أن تسبب
في حدوث انفجارا لذلك توضع محطات RDF بأسطح roofs
ذات امكانية للتصريف (التهوية) blow-off roofs وعلى الرغم من أن
محطات RDF عرضة للمشاكل التي تخلفها ثاني أكاسيد النتروجين
والكبريت — والتي تتكون عند الحريق غير الكامل للمواد — إلا أنه
بالتصميم الجيد يمكن التغلب على هذه العقبة . وعلى الرغم من أن سعة
المحطات RDF تمثل ٣٩٪ من اجمال السعة المركبة لمحطات حرق

النفايا بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٨٦ • إلا أن أغلب الطلبات لإنشاء محطات جديدة من « الحريق الكمي » بحيث يتوقع أن تنخفض نسبة سعة محطات RDF إلى ١٣٪ فقط من اجمال السعة المركبة لمحطات النفايا بالولايات المتحدة الأمريكية بعد عام ١٩٩٠ •

أما محطات « الحريق الكمي » فهي كما يتضح لنا من التسمية عبارة عن أفران لحرق النفايا من كل شيء بدا من الأقمشة والسجاجيد المخلية حتى المسبوكات المعدنية (من ثلاثيات - سيارات - آلات الخ) • لتقوم الشاحنات (سيارات اللوري) أو الصنادل البحرية بتفريغ حمولاتها في ساحة تجمع النفايا ومنها تذهب إلى مستودع أو مخزن وقود Bunker وتتولى رافعة (ونش) مزودة بكلاب (كباش أو خاطوف grapple) خلط أو مزج النفايا ونقل مجموعات (حزم) منها إلى قادوس (صندوق قمعي الشكل قاعدته أضيق من فوخته hopper) حيث تغذى النفايا بعد ذلك إلى شبك من القضبان الحديدية (هيكل مصبعي grate) متحرك والتي تحبل النفايا إلى غرفة الحريق حيث يمكن أن تكون درجة الحرارة ١٦٥٠° م أو أعلى • والمعاملات الرئيسية للحصول على حرق « نظيف » للنفايا هي كل من درجة الحرارة - زمن الحريق والتحكم في الحركة الدوامية turbulence داخل الفرن فيمكن أن تكون مركبات عضوية سامة عندما تحترق المواد بشكل كامل يكفي لتكوين كل من الكربون والماء • وللتقليل من هذه النتائج من الحريق غير الكامل. Products of Incomplete Combustion (PIC) ينبغي للنفايا أن تحرق عند درجة حرارة ١٨٠٠ درجة فهرنهايت (٩٨٢° مئوية) أو أعلى لمدة ثانية واحدة • وعلى الرغم من أن تكوين المركبات العضوية السامة مثل « الديوكسن » مازال غامضاً لحد ما إلا أن المكون (أو المحتوى العالي للنفايا من الكلورين لا يزال معتقداً أنه المشكلة - أو السبب الأكبر - لتكوين المنتجات السامة • لذلك يقترح البعض حقن « كربونات أو بيكربونات الصوديوم » في الغاز المتصاعد عند درجة حرارة معينة (تتراوح من ٥٢٨ إلى ١٥٦٤ درجة فهرنهايت) وبذلك يتفاعل الكلور في الغاز مع الصوديوم لتكوين كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) • وهذه العملية يمكنها - علاوة على ذلك - التخلص من ثاني أكسيد الكبريت تاركاً « كبريتات وكبريتور صوديوم » والتي تستخدم كمواد حافظة للفواكه المجففة •

فبينما كانت محطات النفايا القديمة صغيرة الحجم تستغل حرارة الحريق لإنتاج البخار بواسطة غلايات من الطراز الأوروبي المقاوم للحرارة

نجد أن معظم المحطات الأكثر حداثة تستخدم غلايات ذات موااسير مياه (مملوءة بالمياه) والتي تبطن - غرفة الاحتراق ومن ثم تمتص الحرارة المولدة داخلها ويخرج الرماد من خلال فتحات الهيكل المصبى (الشبك) المكون من قضبان حديدية grate ويطلق عليه « رماد القاع » "Bottom Ash" . وفي هذه الأثناء تصاعد الغازات المكونة داخل غرفة الحريق حيث تمر خارج الغلاية خلال منقيات (منطفات) للغازات Scrubbers والتي تقوم بمعادلة neutralize أى كيمائيات حمضية تحتويها هذه الغازات .

ويجدر الإشارة هنا إلى أنه - وقبل تفاقم مشكلة الأمطار الحمضية - فلم تكن مؤسسات تحويل القمامة إلى الطاقة بالولايات المتحدة الأمريكية مطالبة بتنظيف (تنقية) الغازات الحمضية وحاليا - وعلى الرغم من اختلاف النظم والتشريعات من ولاية إلى أخرى إلا أن جميع المحطات الجديدة تستخدم نوعا ما من نظم أجهزة غسيل غازات الاحتراق بهدف التخلص من تلك المواد الحمضية مثل ثنائي أكسيد الكبريت وكلوريد الهيدروجين .

والنظام الرئيسى المستخدم فى الولايات المتحدة الأمريكية هو أجهزة غسيل الغازات الجافة Dry Scrubbers (الذى يعرف كذلك باسم المجفف الرشاش Spray-dryer) والذى يستخدم تراب جبرى (من الجير) عالى القلوية - وذلك لمعادلة الأحماض . كذلك يمكن للمنظف أن يساعد فى احتجاز المعادن الثقيلة والمركبات العضوية السامة . وبينما تبرد درجة حرارة غاز الاحتراق قبل دخوله إلى جهاز غسيل الجهاز تتكاثف هذه الملوّات - والتي أشرنا إليها - لتصبح على هيئة دخان من جزئيات الدقيقة يتم اصطيادها بعد ذلك بالمرشحات أو المرسبات Precipitators .

وتستخدم كثير من المحطات فى كل من أوروبا واليابان أجهزة غسل الغازات المرطبة « المبللة » حيث تقوم المياه بتبريد غازات العادم . وتتميز هذه النوعية من الأجهزة بالتخلص من نسبة مئوية أعلى من ثنائي أكسيد الكبريت - وبطريقة ليمت باهظة التكلفة نظرا لاستخدامها الحجر الجبرى والأقل تكلفة من الجير . ولكن هذه الأجهزة تخرج (أو تنتج) ١٨ طن كل ساعة من مياه الصرف الحمضية وتحتوى على نسبة عالية من الكلوريدات . لذلك فإن النقد الموجه لهذه النوعية هو أنها تخلق مشكلة تلوث جديدة وتحتاج إلى تكلفة باهظة لمعالجة

هذه المياه قبل التخلص منها (حتى لا تلوث التربة والمياه الجوفية أو مجارى المياه التى تستصرف اليها . الخ) . أما المداقون أو الحينون لنظم غسيل الغازات الجافة فحجتهم الرئيسية انه لو فضلت مضخة المياه فى عملها فيمكنها فصل (أو غلق Shut-down) المحطة بأكملها . وفى المادة تستخدم أجهزة غسل الغازات Scrubbers أما مع مرسيبات الكترولستاتيكية Electrostatic Precipitators أو مع عنبر أو مجاميع اكياس من الألياف الصناعية Baghouse وكلاهما يتولى اصطصاد جزيئات الرماد المتصاعدة . أما المرسيب الكترولستاتيكى (ESP) فيخلق مجال كهروستاتيكي والذي به تشحن الجزيئات العالقة فى الهواء ثم يمس ذلك تجذب (بشد) هذه الجزيئات نحو لوح جامع Collecting Plate . أو الكترولود . أما مجموعات أو عنبر الألياف الصناعية Baghouse فهو عبارة عن مجموعات من المرشحات من الألياف الصناعية والتي تصيد جزيئات الرماد العالقة فى الهواء داخل أنسجتها (جدير بالذكر أن بعض محطات حرق القمامة القديمة - والتي تم بناؤها قبل التشريعات الخاصة بالأمطار الحمضية - كانت مزودة بمرسيبات الكترولستاتيكية ESP للسيطرة على جزيئات الرماد ولكنها لم تكن مزودة بأجهزة لتنظيف الغازات (Scrubbers) أما ما يحتجز داخل هذه المرسيبات أو حقائب الألياف الصناعية هو ما نطلق عليه « الرماد الطائر Fly Ash » .

والمثير للتعجب هنا أنه - وبينما باستخدام الوسائل المشار إليها عالىة - للسيطرة على جزيئات الرماد العالقة فى غازات المادم وتجميعها بكفاءات عالية - الا أن مشكلة الطريقة المناسبة للتخلص من الرماد الذى يتم جمعه « تحظى دائما بالمناقشات والحوارات الساخنة » !! فالرماد الطائر المتراكم فهو فى العادة يكون مبللا wetted وممزوجا برماد القاع حيث يدفن داخل صاحات حيث يكمن مع مخلفات أخرى أو يدفن فى ساحات - مصممة لتستوعب نوعا واحد فقط من المخلفات - وطبعاً هذا يوضح لنا خطأ الاعتقاد الشائع بأنه يحرق النفايات يتم اختراقها ببساطة - ولكن يمكن أن نقول ببساطة أنه من حيث الحجم يتخلف قدراً

من الرماد يعادل حوالى $\frac{1}{A}$ الحجم الأصلى للنفايا أما من حيث الوزن فإن وزن الرماد المتخلف يصل الى ٢٥٪ من الوزن الأصلى للنفايا ١٠ ١١ هذا الرماد المتخلف قد يحتوى على ثوائى الاكاسيد ونواتج غير كاملة الاحتراق (PIC) وهى عبارة عن معادن ثقيلة مثل الرصاص والكاديوم والزرنيخ وهى شديدة الخطر على البيئة (فالرصاص يمكن أن يضر

المجهاز الضخمي لما الكاثير والوزن يمكن ان تؤدي الى الاصايل
بالسرطان)

حرق النفايات .. انتاج للطاقة وتلوث للبيئة

وعلى الرغم من ان تقنية محطات توليد الطاقة من القمامة تواجه نفس المصاعب - سواء كانت فنية - تنظيمية (او تشريعية) وسياسية - شأن محطات توليد الطاقة التقليدية الا ان هناك بعض القضايا تبرز مع هذه النوعية من المحطات . فمثل خلاف معظم محطات توليد الكهرباء الأخرى فنجد ان أفران حرق النفايات البلدية Municipal تقوم بحرق خليط من المواد وبما تتضمن كميات كبيرة من اللدائن (البلاستيك) والتي ينتج عنها منتجات ثانوية سامة .

وعلى الرغم من ان محطات القوى الحرارية التقليدية - والتي تحرق أنواعا من الوقود الحفري - يمكن ان تلوث الهواء الجوي - هذا اذا لم تتخذ الاجراءات المناسبة للتقليل من هذا الأثر - ولكن في حالة محطات حرق النفايات فالأمر أخطر كثيرا - اذا لم يتم التحكم في أفران الحرق حيث يمكن ان يؤدي الأمر الى تسمم الكوكب الذي نعيش عليه . 11

والنفايات المنزلية - فهي عجيب أمرها - ولعلها تذكرنا بقصة دكتور جيكل ومستر هايد الشهيرة . فهي بدون أثر ضار تقريبا حتى تتحول بالحرق الى رماد . ثم تسفر عن وجه كره عند ذلك عندما يتكوم Contaminate الرماد بالمعادن الثقيلة والكيماويات السامة . وحيث ان معظم الرماد يدفن - مع النفايات الأخرى داخل ساحات الدفن الخاصة بالبلديات لذلك يخشى المسئولون عن الحفاظ على البيئة من تسرب هذه التراكبات Contaminants الى المياه الجوفية .

وعلى الرغم من ان القدرة الكهربائية الخارجة من محطات النفايات او القمامة صغيرة بالنسبة لجيها الا انه أمكن الحصول على قدرة تعادل ٦٠ م.و. من بعض المحطات الكبيرة (محطات ذات سعة ٣٠٠٠ طن يوميا من المخلفات مثلا) . وحيث ان المستهدف من هذه المحطات ليس أساسا لتوليد الكهرباء بقدر ما هو للتخلص من كميات كبيرة من النفايات ومن ثم ففي المادة يكون التمييز بين أحجامها على أساس الملل اليومي لطاقة الحريق داخلها . ولقد دخلت شركات عالمية عديدة في هذا المجال - وهو

مجال: محطت حرق القمامة - من بينها أسماء معروفة جدا لدى مهندسي الطاقة الكهربائية أمثال :

Combustion Engineering	- كومبستشن انجنييرنج
Westinghouse Electric Corp	- وستنجهاوس الكتريك
General Electric Corp.	- جنرال الكتريك

ولقد اضطرت الولايات المتحدة أن تمتدود بزما كبيرا من تقنية هذا المجال من كل من أوروبا واليابان وخاصة بالنسبة لحرق المواد الصلبة :

وجدير بالذكر فانه - في دراسة للنفايا وجد مثلا أن النفايا الأوروبية تحتوي على محتوى حرارى (من الوحدات الحرارية) يقل عن النفايا الأمريكية - ذات اللدائن البلاستيكية بحوالى ١٠٪ وعلى كل فان مجال العمل فى حرق القمامة يعتبر من الأعمال المزدهرة حاليا وخاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية حتى أن الإجمالى ما أنفق من استثمارات على هذا المجال فى الولايات المتحدة الأمريكية وحدها خلال عامين (١٩٨٥ - ١٩٨٧) وصل الى حوالى ٢ بليون دولار ١١٠٠٠ وهذا الرقم يعادل تقريبا ما سبق إنفاقه فى هذا المجال خلال ١٥ عام السابقة وعلى سبيل المثال فيمكن أن تصل الاستثمارات لإنشاء محطة ضخمة من هذا النوع الى ٣٠٠ مليون دولار - وتقدر إحدى مؤسسات أبحاث التسويق أنه فى خلال العشرة أعوام القادمة (بدأ من عام ١٩٨٨) سوف يصل حجم الاستثمارات داخل الولايات المتحدة وحدها - والمتوقع إنفاقها فى هذا المجال - شاملا المعدات - أعمال الانشاءات وغير ذلك - سوف تتجاوز عشرين بليون (ألف مليون) دولار ١١٠٠٠

وكما يقول أحد المتخصصين فى الكيمياء الحيوية برنامج الكيماويات السامة و التابع لصندوق الدفاع (حماية) عن البيئة Environmental Defense Fund (EDF) الأمريكى بواشنطن العاصمة - أن أفران حرق النفايا تصل كما لو أنها « مضاهك أو أفران للصهر » حيث تتحرر المعادن وتنفصل عن الأشياء العادية الأخرى - ويمكن لسبائانية (طاسة أو قصعة bowl) من البلاستيك أن تستقر داخل ردم تراعى بالأرضى لمدة قرون من الزمان - إلا أن عملية الحرق من شأنها أن تطلق (تخرج) الكاديوم من البلاستيك وتركز هذا المعن الثقيل السم فى داخل جزيئات دقيقة من الرماد -

وحديثا أجرى صندوق دفاع (حماية) عن البيئة "EDF" عملية مسح على ١٠٠ محطة لحرق القمامة أسفرت عن الكشف عن حقيقة وهي أن المحتوى من الرصاص والكاديوم داخل الرماد الطائر يزيد كثيرا عن الحدود المسموح بها بالقوانين الفيدرالية للولايات المتحدة الأمريكية بينما على العكس من ذلك بالنسبة لرماد القاع • ومن ثم فإن مزج نوعي الرماد - الطائر والقاع - يمكن أن يخفف الأثر السام للرماد المتطاير • إلا أنه - كما يقول كثير من المتخصصين - لا يزال الأمر خطيرا !!

وتنص تشريعات « صندوق حماية البيئة الأمريكي » EDF « صراحة على أن » على المسؤولين عن تشغيل محطات النفايات أن يقوموا بإجراء الاختبارات على الرماد وإذا فشل الرماد المتبقى في تحقيق القيم المنصوص عليها في اللوائح فينبغي اعتباره مادة خطيرة وبالتالي دفنه في الأماكن المخصصة لذلك Hazardous-waste Dumps إلا أنه - وللأسف الشديد - من الناحية العملية لا تجرى هذه الاختبارات بشكل روتيني - وحتى لو أجريت هذه الاختبارات فغالبا يتجاهلون النتائج !! ٣٠٠

وبين الشكل (٧ - ٢) محطة « حرق كمي » تقليدية حيث :

- تمزج النفايات ثم ترفع - بواسطة رافعة (ونش) الى صندوق قمعي الشكل (قادوس hopper) •

- يقوم دفاع ram Feered بدفع النفايات الى هيكل مصبى (شبك بالقضبان الحديدية grate) مائل والتي تقلبها داخل اللهب (النار) •

- يسقط الرماد - من خلال الهيكل المصبى grate الى حوض trough مملوء بالماء •

- الحرارة الناتجة عن حرق النفايات تستخدم لتوليد البخار داخل الغلاية حيث يستخدم البخار لإدارة توربين بخاري لتوليد الكهرباء •

- تمر غازات الحريق خلال جهاز غسيل الغازات Scrubbers

- يقوم جهاز جمع الغبار Dust Collector بالتخلص من الرماد العالق بالهواء •

- تمرر الغازات - بعد ذلك - الى المدخنة •

تقنيات انتاج الغاز الحيوى والميثان

ان تقنية انتاج غاز الميثان من الفضلات الزراعية معروفة طوال سنيها عديدة لكن غاز الميثان أصبح طاقة بديلة قابلة للتطبيق خلال ازمة النفط في السبعينات فقط حيث اخذت الكثير من الشركات في التركيز على انتاج الغاز الحيوى الذى يعطى حوالى ٦٠٪ ميثان . وهناك تساؤل قد يعم للبعض منا وهو « لماذا نجده أنفسنا أحيانا مضطرين لاستعمال النفايات لتوليد الطاقة بدلا من الاستفادة منها في عمليات صناعية . والاجابة ببساطة هي الجوى الاقتصادية من نقل هذا « الغام » جنبا الى جنب مع الاعتبارات البيئية - هي التى تحدد ذلك . وفعلًا قد تكون معالجة النفايات مريحة أيضا وتشمل المنتجات الثانوية للغاز الحيوى : الايثانول أو الكحول الايثيل الذى يخلط مع البنزين ليمطى الجازوول والميثان لتوليد الكهرباء أو البخار والمادّن المستخلصة خاصة للمعادن الباهظة الثمن الغالية من الحديد .

ولقد أصبح الغاز الحيوى أيضا تجارة دولية ومن بين الدول التى تعمل فى هذا المجال حاليا سنغافورة - أمريكا اللاتينية والكثير من الدول الأوروبية (فعلا أقيم فى إيطاليا مصلى وفى يوغوسلافيا مصلىن) . ويجرى حاليا انشاء مصلى للغاز الحيوى بالولايات المتحدة الأمريكية تبلغ تكلفته حوالى مائة مليون دولار .

وجدير بالذكر أن بعض الدول قد استخدمت غلاف بنور القطن كوقود حيث أمكن بحرق ١٠٠,٠٠٠ طن منها سنويا باستخدام غلاية بخارية ذات قاعة مسيلة - بسعة ٢٧ طن/ساعة وتفصل الاستخدامات المختلفة للغاز الحيوى التوليد المشترك Cogeneration للحرارة (البخار أو الماء الساخن) والكهرباء . وكذلك يمكن لبعض آلات الاحتراق الداخلى أن تعمل باستخدام الغاز الحيوى لتوليد الكهرباء وفى الوقت ذاته تخزن حرارة المحرك لتسخين الماء حتى درجة ٩٠° مئوية وهى درجة تكفى للتدفئة فى صناعة المواد الغذائية اما ما يزيد من الطاقة الكهربائية فيمكن بيعه للشركات وحيثات الكهرباء .

كذلك يمكن استخراج الحرارة عن طريق مبادلات حرارية تقليدية واستعمالها لأغراض أخرى . ويمكن انتاج غاز الميثان عن طريق الهضم اللاهوائى (أى بدون أكسجين) للفضلات الحيوانية والنباتية . وفى أثناء هذه العملية - عملية الهضم اللاهوائى - تتفكك مواد عضوية

معقدة - بفعل البكتيريا - ليتكون ما يطلق عليه « بالغاز الحيوى » والذي
يحتوى على ٦٠٪ من الميثان وثانى أكسيد الكربون .

وتنتج هذه التقنية الجديدة كتلا حيوية عالية البروتين تستعمل
كإضافة لمغلف الماشية وتربية الأسماك فى البرك . وكذلك كسماد
كيمياوى ومادة خام فى صناعة بعض المنتجات الصناعية . وفى عملية
التخمير اللاهوائى تعمل ثلاث مجموعات من الكائنات المضوية المجهرية
على التوالى ف تبدأ البكتريا المائية بتحلل النفايات ثم تليها البكتريا
الأسيدوجينية (الحامضية) التى تنتج أحماض قصيرة التسلسل ومنها
حامض الاستيك وتحول البكتريا الميثانوجينية الأحماض الى غاز الميثان
ومنتجات ثانوية أخرى .

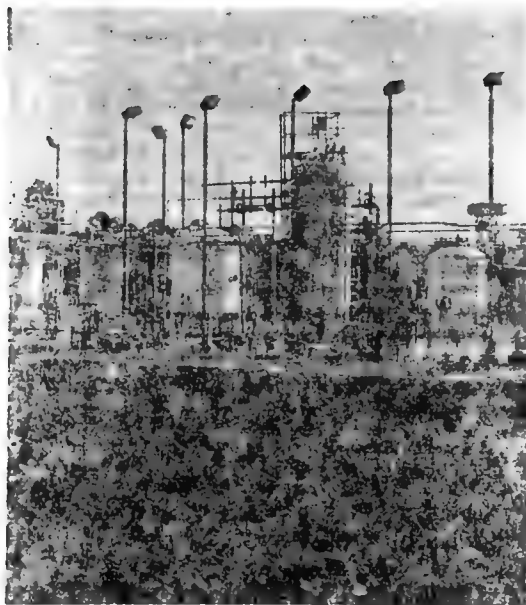
ولقد طورت طريقة التخمير اللاهوائى - حديثاً - لقياس استخدام
فضلات الحيوانات ومخلفات النباتات - منفصلة أو مجمعة - لانتاج
الغاز الحيوى الذى يحتوى على ما يتراوح ما بين ٣٠٪ الى ٧٠٪ ميثان -
ثانى أكسيد الكربون - هيدروجين - كبريتيد الهيدروجين والنيتروجين .
وينتج من هذه العملية مركب صلب ذائب فى سائل التفاعل (يحتوى
على ١٨٪ من المواد الصلبة مقارنة بالمحتوى الصلب العادى الذى يتراوح
من ٣٠٪ الى ٥٠٪) . وعلاوة على ذلك فإنه لا كان معدل الهضم يعتمد على
التنغذية ويقل بصورة أضع عند تسخين مزيج التفاعل فى نوعين من
الهضم البكتيرى - بدلا من نوع واحد - يتم تسهيلها على عملية التخمير
المتعددة المراحل :

- فالمبكتريا التى تفضل الحرارة المتوسطة والتى يستخدم مداها
الجيرارى ٣٧° مئوية فى الأنظمة اللاهوائية العادية .

- والبكتريا التى تفضل الحرارة العالية والتى تنكاث فى درجة
حرارة تتراوح ما بين ٥٥° م - ٥٧° م .

وهذا الإجراء أكثر اقتصادا إذ يمكن استعمال راسب الغاز
الحيوى - بعد تقطيعه لفترة تتراوح ما بين ٨ الى ١٠ أيام تحت درجة
حرارة ٥٥° م - كغلف للحيوانات وهناك منتج ثانوى آخر وهو وسيط
جذرى يحتفظ بالماء - ومن ثم يمكن استخدامه فى الزراعة المكثفة
(فى الفحيرة) ليتمل محل الخشب الطحلبي الفلنشى .

ويطبق التخمير اللاهوائى أيضا فى معالجة النفايات البلدية الصلبة
لأسباب بيئية أيضا . فالأسمالبيو العادية تحرق النفايات وتلوث الهواء .



(شكل ٧ - ٧)

وحدة احتبارات تستخدم لضخ الهدوى الفيسة والإسنادية للنام متكامل لتحويل الماء الساخن
الى غاز الميثان (وحدة - وائل ديزل - للوقود الأمريكية)

وقد استُخدمت هذه الوسيلة لمعالجة مياه الصرف الصحي - في الكثير من بلاد العالم - لمدة طويلة وتجري أبحاث لإيجاد وسائل جديدة لجمع الوحل مع النفايات البلدية الصلبة لانتاج كمية أكثر من الغاز الحيوي وبدل الخشب الطحلي مع المادان والزجاج .

ولقد استنبطت عملية تخمير هوائي جديد سميت باسم « طبقة الوحل المتدفق لأعلى » لمعالجة النفايات الصناعية السائلة الناتجة (الخارجة) من صناعات معالجة الأغذية أو من أي مصنع فيه نفايات عضوية - ومنها مصانع البيرة - المذابح ومصانع تعليب اللحوم والأسماك والفواكه - أما التخمير الكحولي تحت ظروف نقص الأكسجين - باستخدام الخميرة - فيمكن أن يستخدم لمعالجة ورق النفايات البلدية والنفايات كثيرة الأنسجة (الألياف) ويحول السيلولوز ونصف السيلولوز في الورق والألياف النباتية إلى سكر عن طريق درجة الحرارة العالية والضغط العالي والتحليل بالماء المنخفض الحموضة لفترات قصيرة جدًا . ويخمر هذا السكر إلى كحول اثيل .

وتستخدم بعض الشركات أسلوب التخمير اللاهوائي لاستصلاح الغاز الحيوي والماء وذلك من الماء الفائض ويمكن لهذه الشركات استخدام الغاز الحيوي لسد احتياجاتها (أو جزء منه على الأقل) من الطاقة ومنها الطاقة الحرارية .

معالجة الماء الفائض من العمليات الصناعية .. عملية بيوتن

عملية بيوتن هي عملية لمعالجة الماء الفائض من العمليات الصناعية وقامت بتطويرها الولايات المتحدة الأمريكية . واستخدمت بنجاح كبير في كثير من الصناعات الغذائية مثل :

- صناعات التعليب .

- صناعة الخميرة وتعليب الكحول .

- صناعة النشا والبيرة .

حيث يعالج الماء الفائض بطريقة التخمير اللاهوائي ويستخدم الغاز الحيوي الناتج لدعم نظم الوقود أما التدفق Flow المعالج يمكن استخدامه في الري مثلاً .

وعلى سبيل المثال يقابل كل لتر من البيرة من ٨ الى ١٠ لترات من الماء الفائض شديد التلوث ولذا فانه يجب معالجة الماء الفائض من المخلفات الذائبة شديدة التركيز من صناعة المواد الغذائية وباستعمال هذا الاسلوب تستطيع مؤسسات الاغذية التجارية حل مشاكل البيئة بالنسبة للماء المتدفق علاوة على امكانية سد جزء كبير من احتياجاتها للطاقة من خلال انتاج الغاز الحيوى . وتتم معالجة الماء الفائض مسبقا ويتم تعديل حموضته وبعدھا يتم تركيز الماء واستخراجه من صهاريج الوحل . ومع أن هذه العملية تبدو وكأنها تستغرق وقتا طويلا الا أن منافعها تجعلها مجدية . فنتائج الطاقة الصافي يعتبر عال . أما التحلل فيتم بسرعة ٢٪ فقط من المدة التي يتطلبها التخمير الهوائي . وتتم العمليات في حاويات containers مغلقة خالية من الروائح ويتبقى فقط ٢ الى ٣٪ من المادة المضيوية بعد التخمير مقارنة بالرقم ٥٠٪ من المخلفات في محطات معالجة الماء التقليدى .

ويتكون الغاز الحيوى الناتج بعملية بيوتين من حوالى ٨٠٪ ميثان ، ٢٠٪ غاز ثاني أكسيد الكربون ويمكن لهذا الغاز الناتج أن يحل محل النفط اللازم للعملية الصناعية حتى أن إحدى الشركات أوردت في تقرير لها نشر في عام ١٩٨٧ أن العائد من هذه العملية - بما في ذلك الطاقة المنتجة وتكلفة المصنع لمعالجة الماء الفائض يمكن تغطيته - وفي ضوء اسعار النفط وقتذاك في فترة اقل من ٥ سنوات ١١ ٠٠ اما تكلفة مرفق المعالجة فتمتد على الحجم ولكن يمكن أن تقول أن تكلفة المرفق الذي يكفى لمعالجة ١ مليون متر مكعب سنويا من الماء بالتخمير اللاهوائى لن تزيد عن ١٥ مليون دولار بأسعار عام ١٩٨٨ .

هنالك منفعة أخرى لعملية بيوتين وهي تخفيف العبء عن مرافق البلدية حيث أن الدفق المعالج بهذه الطريقة يحتوى فقط على ٥٪ من المادة العضوية .

REFERENCES

A) Chapter 1 : Solar Thermal Energy

1. Friefeld, J. M., and Others, "*Energy Storage Experience at Solar One*", Proceedings of the 19th IECEC 84 pp. 1727-1732, 1984.
2. Patterson M. R., and Perez Blanco, "*Sensitivity of Absorption Cycle Calculations to Fluid Property Errors Calculated Stochastically*", Ibid, pp. 1739-1747.
3. Hamid Torab and Sonntag R.E., "*Performance of an Integrated Heat Pump Gas Fired Water Heater System*", Ibid 1771-1775.
4. EPRI, "*Solar Heating and Cooling*", Energy Researcher Journal July 1982.
5. Sterrett, R. H., and Brzezczak, M. E., "*Prefeasibility Study for A Solar Thermal Central Receiver Power Plant for the Farafra Oasis, Egypt*", Proceedings of the 20th IECEC-1985, pp. 3.87-3.92.
6. Nimmo, B.P. and El Hadidy, M.A., "*Concentration Gradients In Salt Gradient Solar Ponds*", Ibid pp. 3.93-3.98.
7. Metwally, M. N. and Other. "*Performance Estimation of Cairo Experimental Large Scale Gradient Solar Pond And Initial Construction Procedure*", Ibid, pp. 3.99-3.105.
8. Holte, K.C., "*Operational Results of Solar One 10 MW Solar General Receiver Pilot Plant*", Ibid, pp. 3-114-3.117.
9. Sutton, M. M., and Others, "*Solar Power For High Temperature Industrial Processes*". Ibid pp. 3.134-3.142.
10. Francis De Winter and Gary Purcell, "*Energy Roofs And Similar Heat Sources For Residential Heat Pumps in NW Europe, And Their Applicability in US*", Ibid, pp. 3.150-3.154.

11. Matsuki, K. and Others, "Experimental Study of Solar Heat Pump System with Refrigerant Filled Solar Collector", Ibid, pp. 3.155-3.16.0.

B) Chapter 2 : Photovoltaic Cells

12. Sutton, P. D., and Jones, G. J., "Photovoltaic System Overview", Proceedings of the 20th IECEC - 1985, pp. 3.98-3.404.
15. Wormser, P.M., and Bennett, E.F., "Utility Connected Resident Photovoltaic Systems", Ibid, pp. 3.405-3.407.
16. Yerkes, J.W., "Photovoltaics In The Twenty-First Century", Ibid., pp. 3.408-3.412.
17. Patapoff, N. W. "Photovoltaic Power Plants In Utility Interactive Operations", Ibid, pp. 3.413-4.417.
19. Hogan, S.J., and wieler, W.E., "A Production Process For The Manufacture of Photovoltaic Cells And Modules In Developing Countries", Ibid pp. 3.454-3.459.
20. Shimada, K., and Others, "Potential of Thin Film Solar Cell Module Technology" Ibid, pp. 3.460-3.465.
21. Healey, H. M., "Evaluation of Stationary, Tracking And Concentrating Photovoltaic System Designs For An Intermediate Size Photovoltaic Project In Florida", Ibid, pp. 3.38 386-3.491.

C1 Chapter 3 : Wind Energy

22. Hughes, L. and Others, "A wind Energy Conversion and Storage System for Use in Underdeveloped Countries", 4th IECEC, Washington D.C., Sept. 1969, and Presented at Cairo in May 1973.
23. NASA, "Wind Energy Developments in the 20th Century". Lewis Research Center, Cleveland, Ohio, 1981.
24. Bradford. S. Linscott and Others, "Large Horizontal Axis Wind Turbines", DOE (USA), March 1984.

D1 Chapter 4 : Tide Energy

25. Karas, A.N., "System Planning for Bay of Fundy Tidal Developments", IEEE Transactions on PAS Sept/Oct. 1978, PP. 1600-1606.

26. Lee, S.T.Y., and Dechamps, C., "Mathematical Model for Economic Evaluation of Tidal Power in the Bay of Fundy", *Ibid*, pp. 1769-1778.
27. Furst, G.B. and Sud, S., "Raw Tidal Energy Absorption Capability of a Power System", *Ibid*, 1910-1917.
- E) Chapter 5 : Ocean Thermal Energy Conversion
28. Benjamin Shelpuk, "A 165 KW Open Cycle OTEC Experiment", Proceedings of the 20th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Miami Beach, Florida, USA, August, 1985, pp. 3.43-3.50.
- F) Chapter Energy
29. Maurice Richard, and John Pietruszkiewicz, "Puna Geothermal Venture Project - Preliminary Plant Concept", Proceedings of the 19th IECEC' 84, pp. 1311-1318, 1984.
30. Leon Awerbuch, "Geothermal Fluids Process Technology" *Ibid*, pp. 1319-1325.
31. EPRI, "Geothermal Energy", Researcher, January, 1984.
32. EPRI, "Electricity from the Earth - Geothermal Energy", *Ibid*.
33. DOE/NASA, "Mod-T Wind Turbine System Development Final Report" - Vol 1 - Executive Summary, Sept. 1982.
- G) Chapter 7 : The Biomass
34. Asbury, J.G., "Biomass Energy-A Technical And Economic Overview", Proceedings of the 20th IECEC - 1985, pp. 1.551-1.558.

مراجع بالعربية

- ٣٥ - دكتور نؤاد طاهر ، دكتور عثمان المفتي ، توليد الطاقة من المصادر غير التقليدية ، وقائع مؤتمر مجلس بحوث الطاقة - أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا - القاهرة في مايو ١٩٠٣
ص ٧٦ - ٨٥

- ٣٦ - دكتور محمود صبرى أبو حنين « استغلال الطاقة الشمسية »
نفس المجلد ص ٨٦ - ٩١ .
- ٣٧ - دكتور ابراهيم أحمد صقر « استغلال الطاقة الشمسية في
جمهورية مصر العربية » نفس المجلد ص ٩٢ - ٩٤ .
- ٣٨ - دكتور فؤاد طاهر « استغلال طاقة الرياح » - وقائع المؤتمر
الثاني لمجلس بحوث الطاقة - القاهرة فى مايو ١٩٧٥
ص ٢٠ - ٢٥ .
- ٣٩ - دكتور محمود سرى طه « محطات فضائية لتجميع الطاقة من
الشمس وبثها الى الأرض » - مجلة العلم - يناير ١٩٨٠ .
- ٤٠ - دكتور محمود سرى طه « استخلاص الطاقة الحرارية المختزنة فى
مياه المحيطات » - مجلة العلم - ابريل ١٩٨٠ .
- ٤١ - دكتور محمود سرى طه « الطاقة التقليدية والنووية فى مصر
والعالم » - الهيئة المصرية العامة للكتاب - ١٩٨٦ .

ترجمة لبعض الكلمات والمصطلحات التي وردت بالكتاب

Aberration	زيفان - انحراف
Absorption	امتصاص
Advocate	يجد - يدافع عن - يحتج - شلح
Aerostat	انطاط - احباط
Airborne	عالق في الهواء - محمول جوا
Amplification	تكبير - تضخيم
Altitude	ارتفاع - علو
Ambient	توسط
Anhydrous State	لامائي - خال من الماء
Anomalies	الشذو - غير المنتظمة
Aperture	تجوف - فتحة
Astigmatism	لابؤرية - هرج البصر - لانتظية
Attributed	تمزى - تنسب الى - سلة مميزة -
Aximuthal	شمعار
	سمتي
Back Pressure	ضغط خلفي - ضغط مرتد - ضغط
Back Up	معاكس
Banks	دعم - تهازة - مساندة
Barrier	مجموعات أو صفوف
Blanket	حاجز - حد فاصل
Boom	غطاء - بطانية - دلاء
	تزدهر - يتمشى

Blister	فح - نطفة - بثرة (على الاسطوانة نتيجة انطلاق البخار مثلا)
Bowl	حوض - طاسة - قصعة
Brackish	اخضم - ضارب الى اللوحة
Breakthrough	اختراق - تقدم باهر
Brine	جاج - معلول ملحي
Bunches	مجموعات - حزم - دبل - عناليد
Bumpy	غير مستوى - ذي نتوءات
Bunker	مخزن - مستودع للوقود
Burner	نبهة اشتعال - حارق
Cargo	حمولة - شحنة
Cart	عربة بعجلتين (لنقل البضائع)
Catalyst Regenerating System	جهاز استعادة العامل المساعد (الحفاز)
Catalyst Sites	الواقع الحفازة
Cavity	تجويف - ثقب
Centering	تمركز
Charge	قيد في حساب - شحن - حمل على مبردات
Charge	متكافئ - متناسب - مقيس بدلات القياس
Commensurate	توليد مشترك (للحرارة والقوى او الكهرباء)
Cogeneration	جماعات - مجموعات - فصائل
Communities	حساري
Combustor	ملحم - ملمج - متراص - ملبد - موجز
Compact	خايط - سجاد طبيعي
Compost	توافق - تمثيل - ترتقي
Complying	

Concave	دقعر
Configuration	هيئة - تضايرس - شكل عام
Converter	محول - مبدل
Confinement	حصر - تحديد - احتواء - تحويط
Contend	نزع - ناضل - ناكس - قادم
Convection	الحمل - التصعد - انتقال الحرارة
Coolant	بالحمل في اتجاه داس
Coupled	مبرد - وسيط - تبريد
Crank	مقرونة
Culled Out	ذراع اداة
Curbing	تعزل - تفسر
Curvature	الفرز - حافة - حاجز
Dash-Pot	انحناء - تقوس (درجة الانحناء)
Decomposition	نبيلة لمنع الاهتزاز او الاخماد
Defer	تحلل
Degradation	يؤجل - يرجى
Delate	انحلال - تحليل - انحطاط
Demonstration	يلف (اللزوجة)
Demolished	بيان عمل - اثبات - استعراض - دليل
Dendritic	هدم - تقوض - خرب
Deterministic	متفرع - شجري
Diffuser	تجديدية
Displacement Pump	ناشرة - رفاة
Displacer	مضخة ازاحة (يزاح فيها السائل بالهواء المضغوط)
Disposition	كماس اضافي
	تنسيق - تدبير - تفحص - طبع - ميل

Hum	مجموع المياه والبخار - لفلاية البخار
Dump	يغرقن - يكوم - يكتس - قلاب
Electrolysis	محلات بالكهرباء - أجهزة تحليل كهربائية
Embodied	محتواة في - متضمنة في
Emissions	إتصاصات
Enthalpy	المحتوى الحرارى في وحدة الكتلة
Envelope	غلاف - ظرف
Equatorial	استوائى
Equinox	الاعتدال (الربيعى - أو الخريفي)
Evacuation	إخلاء - خلا
Exhibit	تظهر - تظهري
Exploitation	استغلال - استثمار
Extraction	استخراج - استخلاص
Feedback	تغذية خلفية أو عكسية
Feedstock	خام مغلى
Flexure	انحناء - انعطاف - ثنية - عطفة
Fluid	مانح
Flush	تنظيف بتدفق المياه - وميض - بريق
Flux	فيض - سريان - تدفق
Focus	بؤرة - تركيز أو ضغط بؤرى
Fouling	انسباخ
Fragility	ضعف - سهولة الانكسار سرعة العطب
Grapple	كلاب - مرسبابة - خاطوف (ذو كباش)
Geyser	حمة فوارة - مرجل - غلاية

Gay Lires	أستلاك شمسادة
Grafe	شبك بالقضبان الحديدية - هيكل مصبى
Grinder	جلاخة - طعانة
Harshness	صـلابة - خشونة - غلظة
Heat Sink	بالوعة حرارية (لتصريف الحرارة من منطقة معينة)
Heliostat	مرآة دوارة تمكس أشعة الشمس في اتجاه واحد
Hopper	قادوس - صندوق ليمى الشكل
Housing	غلاف - إطار لتثبيت جزء من الآلة - تثبيت - مبيت
Hub	سرة - محور - قلب (العجلة)
Igneous	نارى - بركانى
Ignition	اشعال
Inductors	ملفات الحث أو المحادثة
Ingredient	جزء - عنصر - جزء مقوم
Inherently	متأصلة - متلازمة
Impedance	معاوقة
Inclination	حرق القمامة
Insolation	اشعاع الشمس
Integral Unit	وحدة متكاملة
Intrinsic	ذاتى
Isometric	متساوى القياس أو الحجم
Isothermal	متساوى في درجة الحرارة - في درجة حرارة ثابتة
Kila	فرن - أتون - قمينة
Landfills	الردم
Lateral Motion	حركة جانبية
٣٠٧	الطاقة - ٣٠٧

Lava	حمم بركانية
Leach	مستخلص بالنسيل أو الاذابة (لنزع الأملاح المعدنية مثلا)
Levitated	سباحة في الهواء
Line Commutated	مبدل - مفير اتجاهه (لتتوافق مع تيار الخط)
Linkage	ترابط أو ارتباط
Manure	سماد
Mineral	معدن - معدني
Nuclei	كثرة الحرك - قعرة
Neap Tides	المد والجزر الناقص
Moldy	عفن - متعفن
Oblique	مائل
Octuple	ثمانى الاقطاب
Outlay	انفاق - صرف - تكاليف
Packaged	معبأة - مغلفة - معزومة
Passive	خامل - سلبي - غير فعال
Podestal	حامل - قاعدة - كرسي
Pellet	كرية (كرة صغيرة)
Phase	وجه - طور
Pinch	قبض
Plt	هوة - حفرة
Polytropic	متعددة الانتحاء - متعددة الكدرات
Pop	فريقية - انفجر - اندلاع فجأة
Porous Trap	محبس مسامي (أو منفذ)
Potential	متمثل
Power Conditioning	تعديل أو تهيئة القدرة
Preservative	واقسي
Profile	قطاع جانبي - منظر جانبي

Pronc	عرضة لـ
Pursuit	ملاحقة - متابعة - مطاردة
Ram	مطرقة أو مدك - كباس مضغط
Redox	الكسلة واختزال (الحسنة)
Refrigerant	غاز أو سائل التبريد - مبرد
Regenerator	مسترجع - معيد التوليد - معبد
Regulatory	منظمة - تنظيمية
Rejected	مطروحة - منبوذة - مرفوضة
Reradiation	إعادة الاشعاع
Residential Pump	مضخة تستخدم للأغراض المنزلية
Retail	قطاعي - بالتجزئة
Resonant Frequency	تردد رنان - تردد الرنين
Retrofit	تعديل تركيبات
Rim	حافة - إطار - طوق
Sagittal	سهمية الشكل
Scrubber	جهاز غسل (تنقية) الغاز
Seed Recovery	استعادة أو استرداد البذور
Segment	قطعة - فلكة قطعة من دائرة أو كرة
Self Primary Pump	مضخة ذاتية التحضير
Self-Sustaining	تدعم نفسها بنفسها
Shading	تظليل - تدرج الألوان - حجب - سمتر
Sift	يفربل - يندق - ينفل
Significant	هام - ذي دلالة
Sintering	تلييد - تكتل
Skid-mounted	مركب على حامل انزلاقي
Slagging	تكون الغيث
Sleeve	كم جليبة
Slug	كتلة أو كرية معدنية

Slurry	مولاط - ولود مسال ذى عوالق صلبة
Solstice	الانقلاب الشتوى او الصيفى
Spatial	فضائى - تحيزى (من حيز)
Spilled	اراق - لافى - انسكب
Spring Tide	المد والجزر التسام
Stack	رصصة - كومة
Stalling	يتوقف - فقدان السرعة - انهيار
Sticky	لزجة - لصيقة
Substrate	طبقة سفلية او تحتيه
Subtend	قابل - اكتنف - امتد تحت الشئ، او عبره
Sustainable	امدى - مستديم
Tandem	تراد فى (واحد خلف الآخر) - تنابى
Tapped	مفرع - مأخوذ منه فرع او اكثر
Temporal	زمنى
Terraced	مدرج
Thermionic	ثرميونى - ايونى حرارى
Throw Distance	مدى القذف
Tipping Bay	مساحة قلاب
Track	يتعقب - يقتفى - يتتبع
Tracking Angle	يصطاد - يحبس - يصد
Trap	زاوية التدرج او المسار
Trash	نفاية
Trigger	ؤناد - تلجر - تطلق
Truss	جسمالون
Tupperware	مطبوقة
Turbulence	اضطراب - دوامة

Upgraded	محصنة
Utility	معالجة - خدمة عامة
Velvet	منجمل
Versatile	متقلب - متعدد المؤهلات - متعدد الاستعمال
Viable	حيوى أو قابل للحياة - قادر على
Virtualy	افتراضيا - تقديريا
Weave	نسيج - ينسج
Web	نسيج - غشاء
Weighted Value	القيمة وفقا لوزنها أو أهميتها
Well Head	فوهة أو أعلى البئر

LIST OF ABBREVIATIONS

BOC	= Bottom — Outlet Cyclones.
COP	= Coefficient of Performance.
DHW	= Domestic Hot Water.
DOE	= Department of Energy (USA)
EDF	= Electricite De France.
or	= Environmental Defence Fund.
ESP	= Electrostatic Precipitator.
FMGS	= Field Modulated Generator System.
GTO	= Gate Turn Off
LDC	= Load Duration Curve
MIS	= Maritime Integrated System
NELH	= National Energy Laboratory in Hawaii
NEPOOL	= New England Pool
OC	= Open Cycle
OTEC	= Ocean Thermal Energy Conveésion
PCS	= Power Conditioning Subsystem
PIC	= Productr of Incomplete Combustion
RDF	= Refuse-Derived Fuel
SAHP	= Solar-Assisted Heat Pumps
SCR	= Silicon Controlled Rectifier.
SERI	= Solar Energy Research Institute
SIT	= Static Induction Thyriater
STCR	= Solar Thermal Central Receiver
STF	= Seacoast Test Facility.

الفهرس

الموضوع	الصفحة
أهداء	٧
رسالة من المؤلف	٨
مقدمة	٩
الباب الأول : الطاقة الشمسية	١٩
مقدمة	٢١
الفصل الأول : الخلايا الفوتوفولطية أو خلايا الضوء الشمسية	٢٩
الفصل الثاني : الاستخدام الحرارى للطاقة الشمسية	٦٧
- التسخين والتبريد الشمسى	٦٧
- ييوت الطاقة الشمسية الخاملة	٨٤
- البرك الشمسية	٩٦
- تطبيقات شائعة للطاقة الشمسية	١٠٣
- الطاقة الشمسية للعمليات الصناعية ذات الحرارة العالية	١١٤
- دراسات لبعض مشروعات الطاقة الشمسية فى أنحاء العالم	١٣٦
الباب الثاني : طاقة الرياح	١٤٣
الفصل الثالث : طاقة الرياح	١٤٥

الباب الثالث : الطاقة المستخرجة من الأرض - المحيطات والكتلة الحيوية	٢١٥
الفصل الرابع : طاقة المد والجزر	٢١٧
الفصل الخامس : انطاقة الحرارية المخزنة ببياه المحيطات	٢٤٣
الفصل السادس : طاقة جوف الأرض	٢٦٥
الفصل السابع : الكتلة الحيوية	٢٨١
المراجع	٢٩٩
المكتز - ترجمة لبعض الكلمات والمصطلحات التي وردت بالكتاب	٣٠٣
قائمة بالرموز التي وردت بالكتاب وتفسيرها	٣١٢

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب.

رقم الايداع بدار الكتب ٧٧٤٠/١٩٩٠

ISBN — 977 — 01 — 2560 — 7

من المتوقع ان تقوم وسائل توليد الطاقة الجديدة والمتجددة
ببناء نظام اقتصادي واجتماعي واقتصادي وثقافة العمران وانما
الهدف خاصة بالنسبة لبعض المناطق السكنية
الساكنة والساحلية والبرية والتي تتم بحقله الكثافة
السكنية مع ضرورة امدادها بالطاقة عصب الحياة . مما يجعل توليد
الطاقة من مصادرها الجديدة والمتجددة غير التقليدية هو الحل
الأمثل ، ويوجه مخلص من التنمية الاقتصادية .

ولقد اشتمل هذا الكتاب على ثلاثة أبواب رئيسية تغطي : الطاقة
الشمسية باستخداماتها المختلفة . مع عرض لبعض
المحلية والعالية - طاقة الرياح وتطبيقاتها التكنولوجية - طاقة باطن
الأرض - طاقة المد والجزر - طاقة المياه المحيطات - طاقة المد والجزر - ثم
طاقة الكتلة الحيوية مع استعراض لبعض المشروعات المخطط لها .